مجلة فصلية تصدرها مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية – السنة (١) العدد (١) يوليو ٢٠١٢م



المقالات المنشورة في هذا العدد مترجمة عن المجلة الفرنسية العلم والحياة « Science & Vie »



كلمة العدد

المحتوى العلمي المفيد ركيزة مهمة لبناء مجتمع قائم على المعرفة، و لذلك تعمل مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية على توفير هذا المحتوى لجميع شرائح المجتمع. فبعد أن قامت المدينة بترجمة نخبة من الكتب العالمية حول التقنيات الاستراتيجية إلى اللغة العربية بهدف توفير محتوى علمي لطلبة الجامعات والباحثين المتخصصين إضافة إلى المهتمين، قامت المدينة بتوقيع اتفاقية لترجمة المجلة العالمية «نيتشر» **Nature** الموجهة للباحثين وطلبة الجامعات وجعل محتواها متاحاً على الإنترنت إضافة إلى طباعته في نسخ ورقية.

وهاهي المدينة تجعل المحتوى العلمي لمجلة عالمية أخرى موجهة لطلبة المرحلتين الثانوية والمتوسطة الناطقين باللغة العربية، من خلال ترجمة مقالات مختارة من المجلة الفرنسية «العلم والحياة» **Science & vie**، ومجلة «العلم والحياة للفتيان» **Science & vie junior**، وتأمل المدينة أن يجد فيها الطلبة ما يفيدهم ويعينهم على فهم كثير من الظواهر والمستجدات العلمية المعاصرة.

وستظهر المقالات على موقع المجلة حال الانتهاء من ترجمتها ومراجعتها كما أن أعدادها الورقية ستصل مجاناً إلى المهتمين بعد طباعتها ونشرها دورياً كل ثلاثة أشهر.

رئيس التحرير







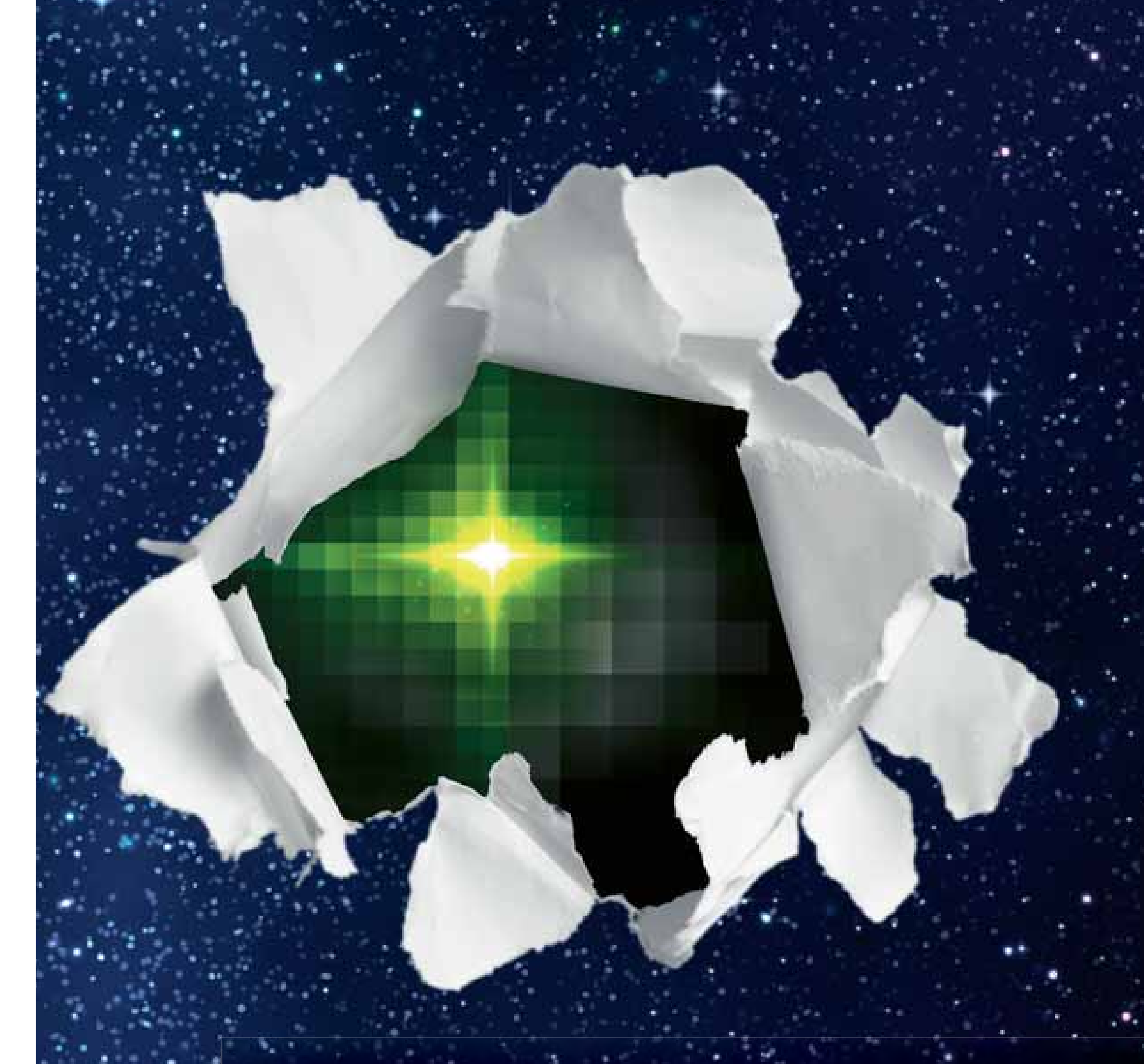


اقرأ في هذا العدد

الإشارات الأولى[١] من خارج الكون

بقلم: ماثيو جروسون[٢]
ترجمة: أسامة ربيع[٣]

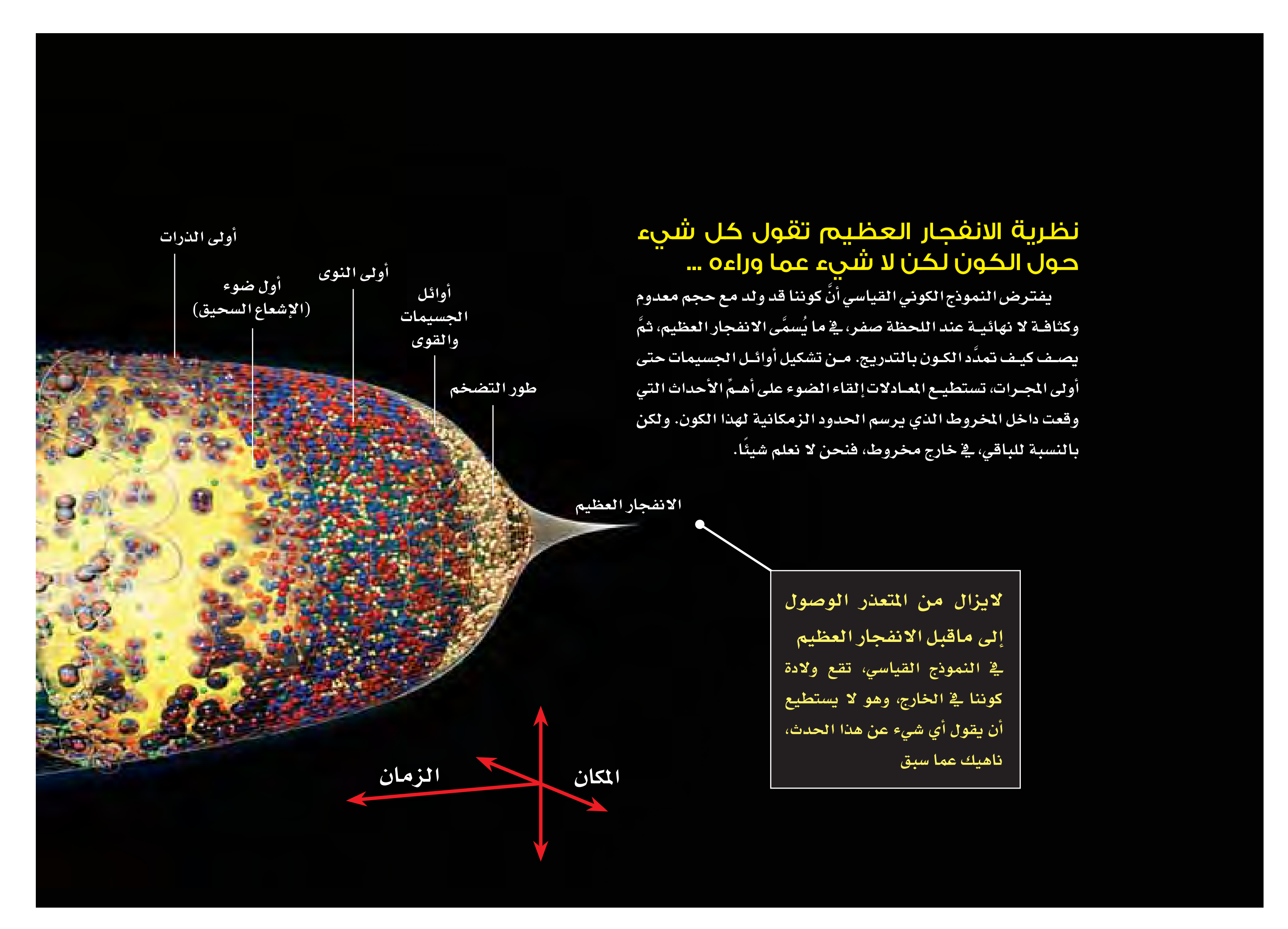
هذه لحظة فريدة في تاريخ العلوم، فالصورة الاستثنائية جدًّا للسماء التي يفكُّ الفيزيائيون رموزها في الوقت الراهن تَعِدُ بتحقيق ما كان يُعتقد بأنه مستحيل: عبور حدود عالمنا، في المكان والزمان على حدٍّ سواء. إليكم، قبل غيركم، ما يمكن للمرء أن يرى فيها.



إذا كانت ثمَّة سؤال يحبس الأنفاس أكثر من أيِّ شيء آخر، فإليكموه : ماذا يوجد خارج كوننا؟ ما الذي كان موجودًا قبل خلق العالم الذي نعيش فيه؟ لا شيء؟ أم نوع من الحالة البدائية للمادة؟ أم عالم آخر، يعكس صورة لكوننا عبر ما يشبه المرآة؟ وماذا يوجد خارج الحدود المكانية للكون؟ العدم؟ أم عدد لا يحصى من العوالم الأخرى التي تشكِّل ما وراء الكون الذي لا نعلم عنه سوى النزر اليسير؟

لم تكن هذه الأسئلة، حتى الآن قد وصل إليها العلم بل كانت مجهولة. أليست أيُّ تكهنات حول وجود عوالم أخرى لا تعدو عن افتراضات لا يمكن التحقق منها؟ يتألف الكون، من حيث التعريف، من كلِّ ما هو موجود أو وجد، في الزمان والمكان. كيف يمكن للعلم الادعاء بالحديث عن شيء آخر؟ كيف يمكن رصد ثمَّ وصف، بالمعنى الدقيق للكلمة، ما يقع وراء السماء، وراء كل شيء؟

SHUTTERSTOCK - OSHIPOV - FOTOLIA
CLEARVIEWSTOCK - FOTOLIA



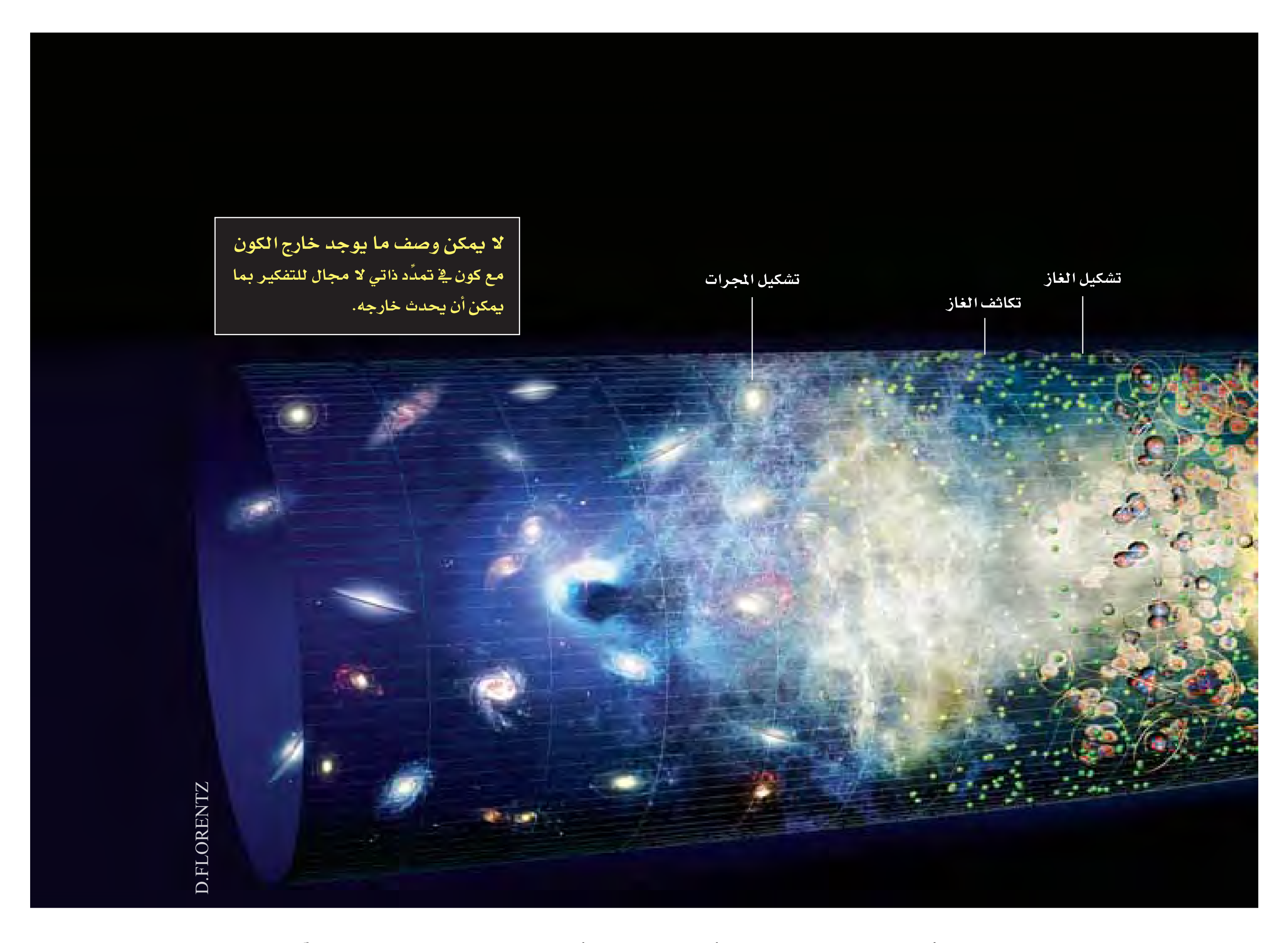
حسنًا، لعله من المستغرب بل حتى من غير المعقول أنَّ المستحيل على وشك التحقق. فالآن، في هذا الوقت بالذات، تُفكُّ أسرار صورة استثنائية جدًّا للسماء من قبل مجموعة كبيرة من الباحثين في الفيزياء والحاسوب. هذه الصورة، التي جمعها خلال عامين ونصف المقراب الفضائي بلانك Planck الموجود في مدار على بعد ١,٥ مليون كيلومتر من الأرض، ترسم خريطة تفصيلية للكون في شبابه المبكر. وإذا كان جميع الخبراء يعتقدون أنها ستوفر معلومات مهمة عن تاريخ عالمنا فإنَّ بعضهم يرجح أنها ستفضي لأكثر من ذلك، وستسمح لهم، للمرة الأولى، بسبر ما يقع خارج حدود عالمنا

وبمقابلة رؤى ما وراء العالم الناتجة عن عالم الخيال الجامح مع الأرصاد الفلكية الحقيقية. والشيء المدهش أكثر هو أنه توجد أسباب وجيهة لكي نأخذها على محمل الجد...

في الوقت الحالي فإنَّ السيناريو الوحيد الذي تؤكده الأرصاد هو "النموذج الكوني القياسي": كلُّ ما نراه في السماء يفسر علمياً أنه أتى من حدث فريد، وهو الانفجار العظيم، الذي حدث قبل ١٣,٧ مليار سنة. وهي الحالة الأصلية التي بدأها الكون، ضئيلاً وكثيفاً وساخناً، وما لبث من وقتها في التمدُّد والتبرُّد والهيكلة حتى تكونت النجوم والمجرات والكواكب... وصولاً إلينا.

إشعاع بدائي...

هذه الرؤية، المستندة إلى نظرية أينشتاين في التثاقل، ترسم تمامًا حدودنا الزمكانية، فعالمنا سيكون داخل شكل مخروطي ويكون الانفجار العظيم بمثابة رأسه (انظر أعلاه). وجوف المخروط يميِّز ما يقع بعده – خارج المخروط. ولكنَّ النظرية لا تقول شيئًا عن ذلك: لا شيء عما يحدث قرب كوننا، ولا عما سبق ميلاده، عما جعله ممكناً أو ضروري الحدوث. يقترح النموذج القياسي فقط "لحظة بدء"، كان حجم الكون فيها معدومًا وكانت درجة حرارته وكثافته لا نهائيتين. هذا وضع مثير حقًّا لغير المختصين... ولكنه يشير ببساطة،



بالنسبة للفيزيائي، إلى أنه في جوار البدء، تنهار النظرية. "يمكننا التكهن بدون حدود حول معنى هذا التفرد، ولكنه لا علاقة لذلك أبدًا بالفيزياء"، حسب ما يؤكده بيير بانتروي Pierre Binetruy، المنتسب لمختبر الجسيمات الكونية وعلم الكون في باريس.

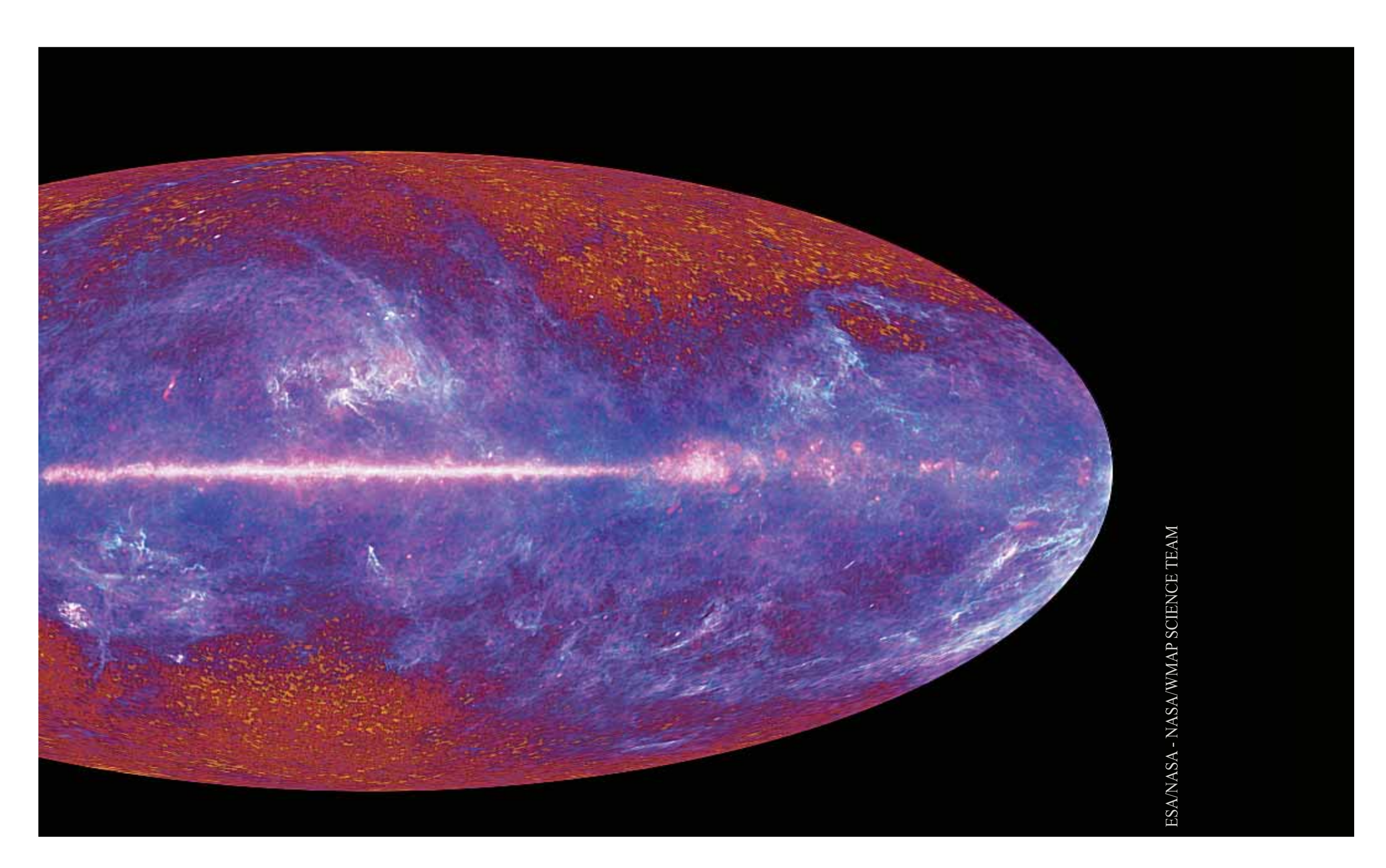
مسألة ظلَّت حتى عهد قريب في حيِّز المجهول

تكمن قوة هذا السيناريو، الذي ظهر بين سنوات ١٩٢٠م و ١٩٤٠م، في تأكيد جميع الأرصاد الفلكية له، بدءًا من أرصاد التباعد المطرد للمجرات التي يجب أن تكون في الماضي أقرب من بعضها البعض بكثير. ولكن أيضًا وقبل كلِّ شيء، رصد الإشعاع الكوني السحيق، ذلك البصيص الأولي الشهير الذي سجله بدقة لم يسبق لها مثيل القمر الاصطناعي بلانك منذ وقت قريب.

اكتشف الفلكيان الراديويان الأمريكيان أرنو بنزياس Arno Penzias و روبرت ويلسون Robert Wilson هذا الإشعاع بالمصادفة في سنة ١٩٦٠م، ثمَّ رصده بعد ذلك القمران الاصطناعيان كوبي COBE في أواخر سنة ١٩٨٠م، و وماب WMAP في بدايات سنة ٢٠٠٠م، وهو خلفية من أمواج ميكروية لا تكاد تُحسُّ آتية من جميع الاتجاهات. وهذا الإشعاع يعدُّ منجم ذهب حقيقي للمختصِّين في دراسة الكون. ويرجع تاريخه لنحو ٣٨٠ ألف سنة بعد الانفجار العظيم. وقبل ذلك التاريخ، لم يصدر أيُّ بصيص ضوء (وهو الإشارة الوحيدة التي يمكن للفيزيائيين الفلكيين الاعتماد عليها في أرصادهم) عبر الفضاء. فالجسيمات والذرات كانت شديدة التوهج إلى حدٍّ أن كلَّ فوتون يصدر كان يُمتصُّ فوراً، مما جعل الكون مُعتِماً تماماً.

عندما تمكَّن الضوء من الإفلات، بسبب التبريد المرافق للتمدُّد، أصدر الكون كله "الومضة" الأولى التي مازالت تغمر الكون بأكمله حتى اليوم.

ولكنَّ هذا الإشعاع يظهر تقلبات، فالضوء السحيق الذي يصل من



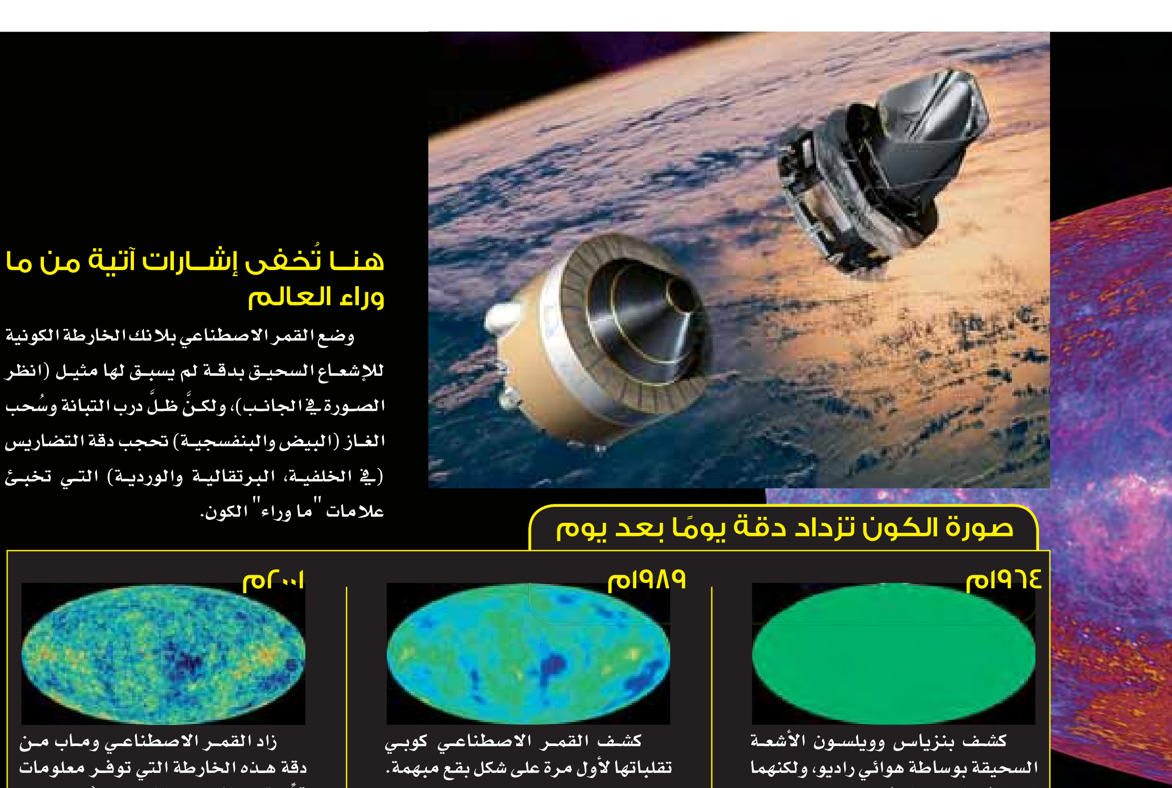
مناطق مختلفة من الفضاء يحتوي على تغيرات طفيفة (درجة الحرارة، والاستقطاب...)، مما ينتج عنه توزيع لمحتويات الكون ٣٨٠,٠٠٠ سنة بعد الانفجار العظيم. وبالتالي تشكِّل خارطة هذه التقلبات خارطة حقيقية للكون البدائي. وعلى الرغم من كونها بعيدة جدًّا عن الانفجار العظيم فهي أقدم صورة ممكنة لعالمنا.

يمكن لهذه الصورة الرجوع أكثر في الزمن، فتفاصيل هذه الاختلافات الطفيفة للإشعاع السحيق تشكِّل دالة لاستنتاج التاريخ السابق. ويستغلها الباحثون الكونيون للاقتراب أكثر من الحدود ولفهم الأحداث التي ميزت اللحظات الأولى لكوننا. لماذا لا نذهب إذن لأبعد من ذلك؟ بالطريقة نفسها التي تحمل التموجات على سطح الماء في داخلها قصة الأثر الذي أنشأها، لماذا لا نستخدم هذه الصورة لاستعادة التاريخ منذ بدايته، بل إلى ما وراءه ؟.

المشكلة هي أنه لكي نأمل في تعيين شيء على خارطة يجب أن تكون لدينا فكرة عما نبحث عنه. ولكنَّ النموذج القياسي، كما هو عليه الآن، غير قادر على تحديده. ومع ذلك فللفيزيائيين النظريين خيال واسع، إذ يعرفون أنه عند الاقتراب من البدء كان الكون صغيرًا جدًّا لدرجة أنه تجب علينا إعادة النظر في الفيزياء التي تحكمه. ينبغي أن تكون هناك نظرية للتثاقل -القوة التي تحكم الكون كله- تتضمن أيضًا القواعد الكمومية التي تنطبق على المستوى المجهري.

هذه الصورة من القمر الاصطناعي بلانك للكون في بدايته، وحتى لما هو قبل ذلك...

وقد طرح الباحثون العديد من المرشحين المقبولين لهذه النظرية، مثل نظرية الأوتار، التي توحد جميع الظواهر عبر اهتزازات أوتار صغيرة، أو النظرية الكمومية الحلقية التي تقسم المكان والزمان إلى عناصر (راجع Science & Vie العدد ١٠٥١، ص ٤٨). ومع ذلك، فما يثير الاهتمام هو أنَّ تطبيق جميع هذه النظريات على علم الكون يؤدي إلى حيود عن الانفجار العظيم! تُظهر بعض النماذج احتمال وجود كون تسبق ميلاده، مع إمكان وجود "ما قبل تاريخ" غني مثل غنى التاريخ الذي نعرفه. وتميل نماذج أخرى إلى الاعتقاد بأنَّ الكون بعيد عن حالة فريدة من نوعها، وهو لا يمثِّل سوى قطرة ماء في محيطٍ من ما وراء الأكوان. وبعبارة مختصرة فهذه النظريات لا تتردَّد في عبور الحدود، بل أكثر من ذلك، إنها تشير إلى أنَّ السماء ما تزال تخفي آثارا مرئية خلفتها هذه العوالم الافتراضية. أين توجد



هنا تُخفى إشارات آتية من ما وراء العالم

وضع القمر الاصطناعي بلانك الخارطة الكونية للإشعاع السحيق بدقة لم يسبق لها مثيل (انظر الصورة في الجانب)، ولكنَّ ظلَّ درب التبانة وسُحب الغاز (البيض والبنفسجية) تحجب دقة التضاريس (في الخلفية، البرتقالية والوردية) التي تخبئ علامات "ما وراء" الكون.

هذه المسارات؟ في تقلبات الإشعاع السحيق طبعاً...

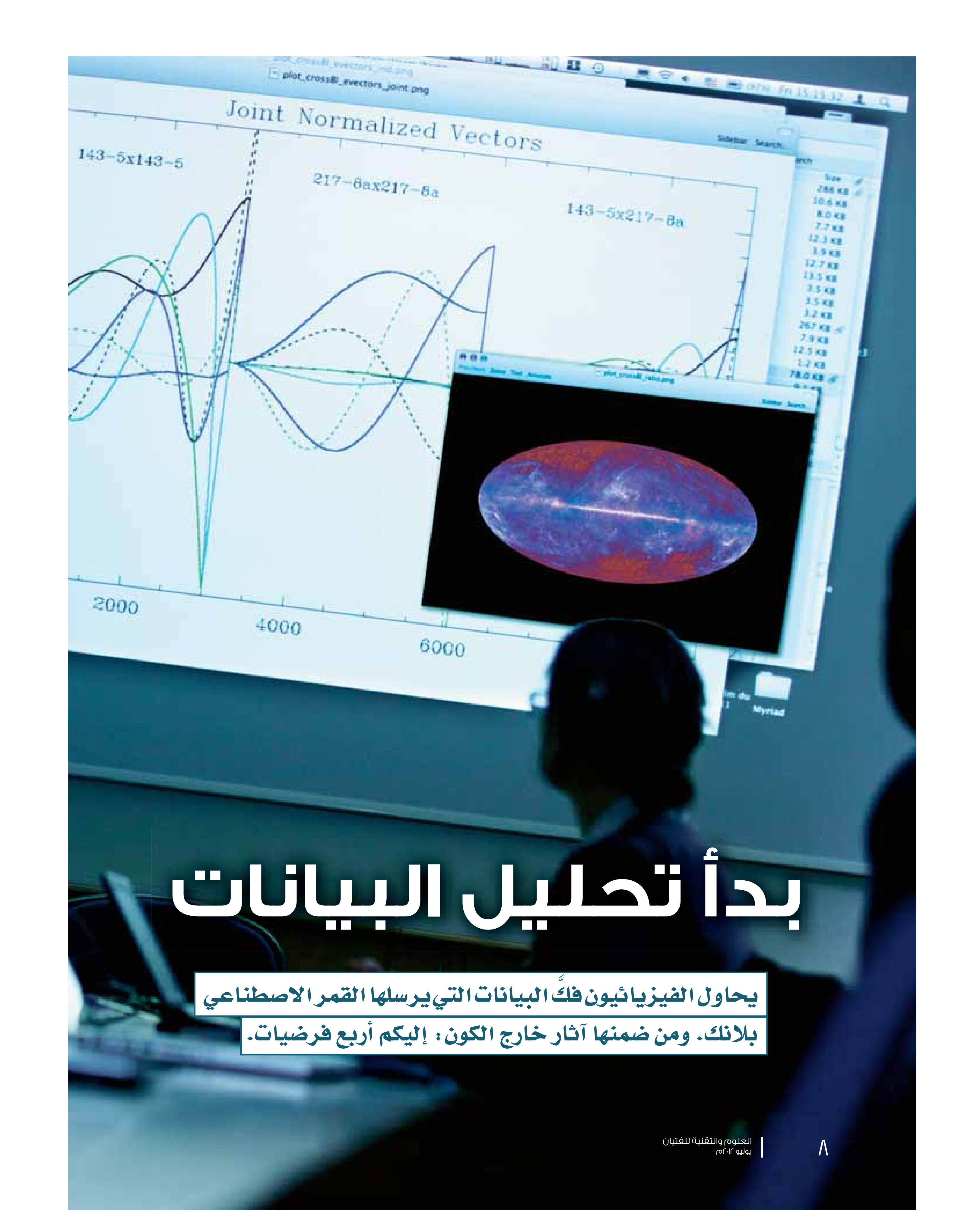
هناك دوائر كبيرة، مثل حلقات التموجات على الماء، تبيِّن اللقاء مع عالم موازٍ، أو بقع صغيرة تميِّز كونًا سرمديًا ومتجدِّدًا، أو ربما تجانس مثالي يشير إلى وجود كون أكبر بكثير لا نعلم عنه سوى النزر اليسير... أجرى علماء الكون المنشغلين بالعالم الآخر حساباتهم، فهم يعرفون العلامات التي يبحثون عنها وهم لا ينتظرون سوى بيانات القمر الاصطناعي بلانك.

من عشرين إلى ثلاثين مرة أكثر حساسية...

بلانك هو وريث القمرين الاصطناعيين كوبي و وماب، وقد أنهى أرصاده في كانون الثاني/ يناير الماضي، وهو يعدُ بعجائب غير مسبوقة: إذا كان وماب قد قدَّم صورًا تحوي ٦ – ٨ مليون عنصورة (بكسل) فإنَّ صور بلانك تحوي ٥٠ مليون عنصورة! ناهيك عن قدرة هذا الأخير على الكشف عن طيف واسع من الأطوال الموجية، سبع مرات أعرض من سابقيه، وحساسية أعلى بنحو ٢٠ إلى ٣٠ مرة منهما. ويقول فرانسوا بوشيه François Bouchet الباحث في معهد الفيزياء الفلكية في باريس والمسؤول عن الاستغلال العلمي لبيانات القمر الاصطناعي بلانك: "كان وماب بمثابة دراسة فيل من خلال تلمُّس ساقه، في حين أننا مع بلانك نرى الفيل كله ! "

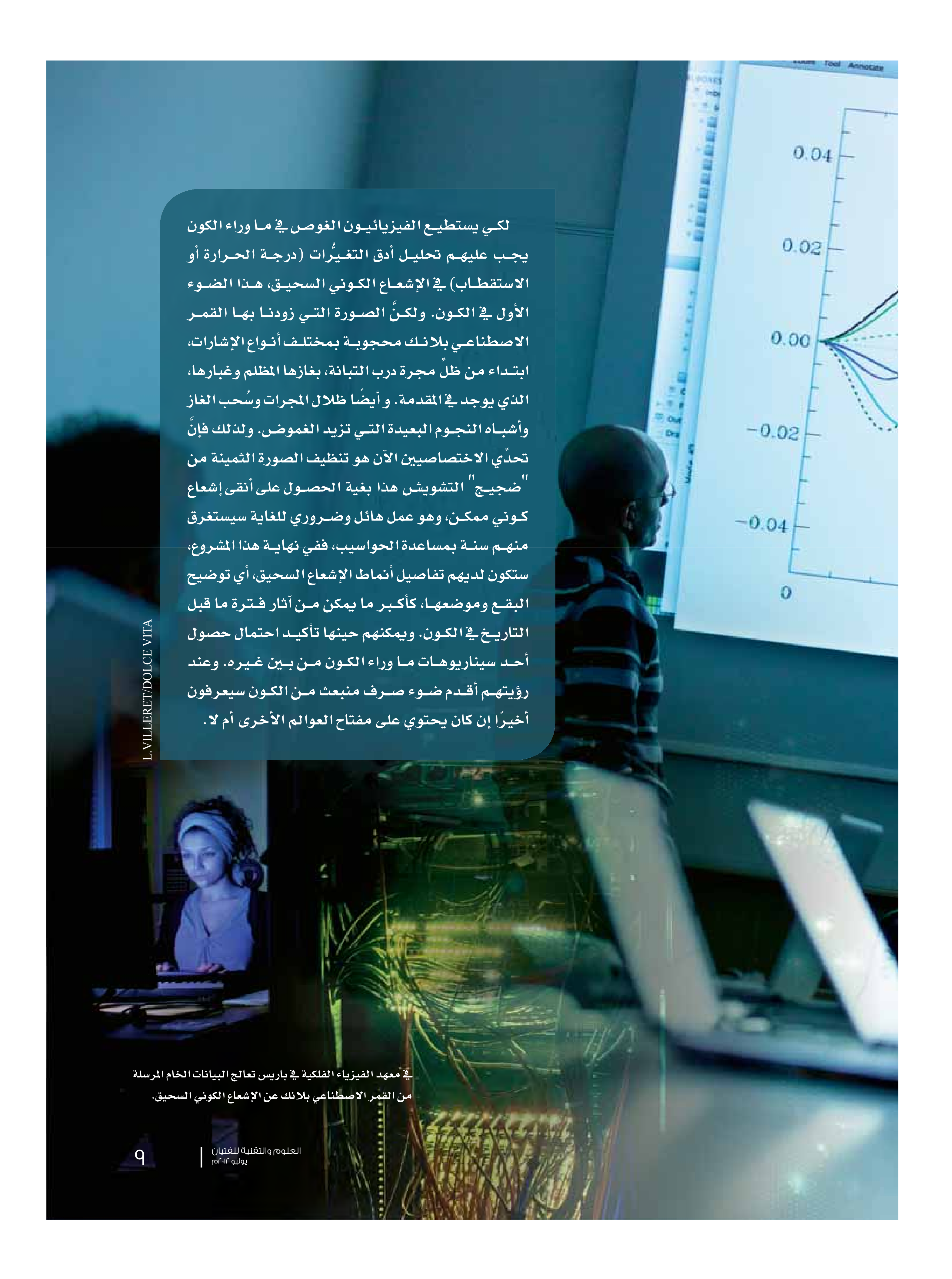
لن تتاح أوائل الخرائط للجمهور حتى كانون الثاني/يناير المقبل. وفي الوقت الراهن، لا يزال الخبراء يحلِّلون المعلومات المجمَّعة من الأدوات والإشارات القادمة من العديد من مصادر الفيزياء الفلكية الأخرى غير الإشعاع السحيق. وذلك بدءًا من درب التبانة نفسه الذي يرسم دوامات أرجوانية جميلة في طليعة إشعاع الخلفية. ولكن عددًا قليلاً من المحظوظين استطاعوا تمييز بعض الأشكال التي توجد تحتها. "أستطيع أن أقول لكم إنه من المؤثر فعلاً التأمل في الكون خلال لحظات نشأته الأولى"، هذا ما يصرح به جان – ميشيل لامار Jean-Michel Lamarre من مرصد باريس، وهو أحد مصممي القمر الاصطناعي بلانك.

يجب أن نستعدَّ لشهود لحظة فريدة في تاريخ العلوم، ولتحقيق ما كنا نعتقد بأنه مستحيل، ولسلوك سبل كان يُرجح أنها منيعة. في هذه الصورة التي ستتكشَّف قريبًا ربما تختفي أولى مناظر ما وراء العالم، أول عوالم ما وراء الكون.



بدأ تحليل البيانات

يحاول الفيزيائيون فكَّ البيانات التي يرسلها القمر الاصطناعي بلانك. ومن ضمنها آثار خارج الكون؛ إليكم أربع فرضيات.



لكـي يستطيـع الفيزيائيـون الغوص في مـا وراء الكون يجـب عليهـم تحليـل أدق التغيُّرات (درجـة الحـرارة أو الاستقطـاب) في الإشعـاع الكوني السحيـق، هـذا الضـوء الأول في الكـون. ولكـنَّ الصـورة التـي زودنـا بهـا القمـر الاصطناعـي بلانـك محجوبـة بمختلـف أنـواع الإشارات، ابتـداء من ظلٍّ مجرة درب التبانة، بغازها المظلم وغبارها، الذي يوجد في المقدمة. و أيضًا ظلال المجرات وسُحب الغاز وأشبـاه النجـوم البعيدة التـي تزيد الغموض. ولذلك فإنَّ تحدِّي الاختصاصيين الآن هو تنظيف الصورة الثمينة من "ضجيـج" التشويـش هذا بغية الحصـول على أنقى إشعاع كـوني ممكـن، وهو عمل هائل وضـروري للغاية سيستغرق منهـم سنـة بمساعدة الحواسيب، ففي نهايـة هذا المشروع، ستكون لديهم تفاصيل أنماط الإشعاع السحيق، أي توضيح البقـع وموضعهـا، كأكـبر ما يمكن مـن آثار فـترة ما قبل التاريـخ في الكـون. ويمكنهم حينها تأكيـد احتمال حصول أحـد سيناريوهـات مـا وراء الكـون مـن بـين غـيره. وعند رؤيتهـم أقـدم ضـوء صـرف منبعث مـن الكـون سيعرفون أخيرًا إن كان يحتوي على مفتاح العوالم الأخرى أم لا.

L. VILLERET/DOLCE VITA

في معهد الفيزياء الفلكية في باريس تعالج البيانات الخام المرسلة من القمر الاصطناعي بلانك عن الإشعاع الكوني السحيق.



D.FLORENTZ ; S.M.FEENEY ET AL./UNIVERSITY COLLEGE LONDON ; ESA

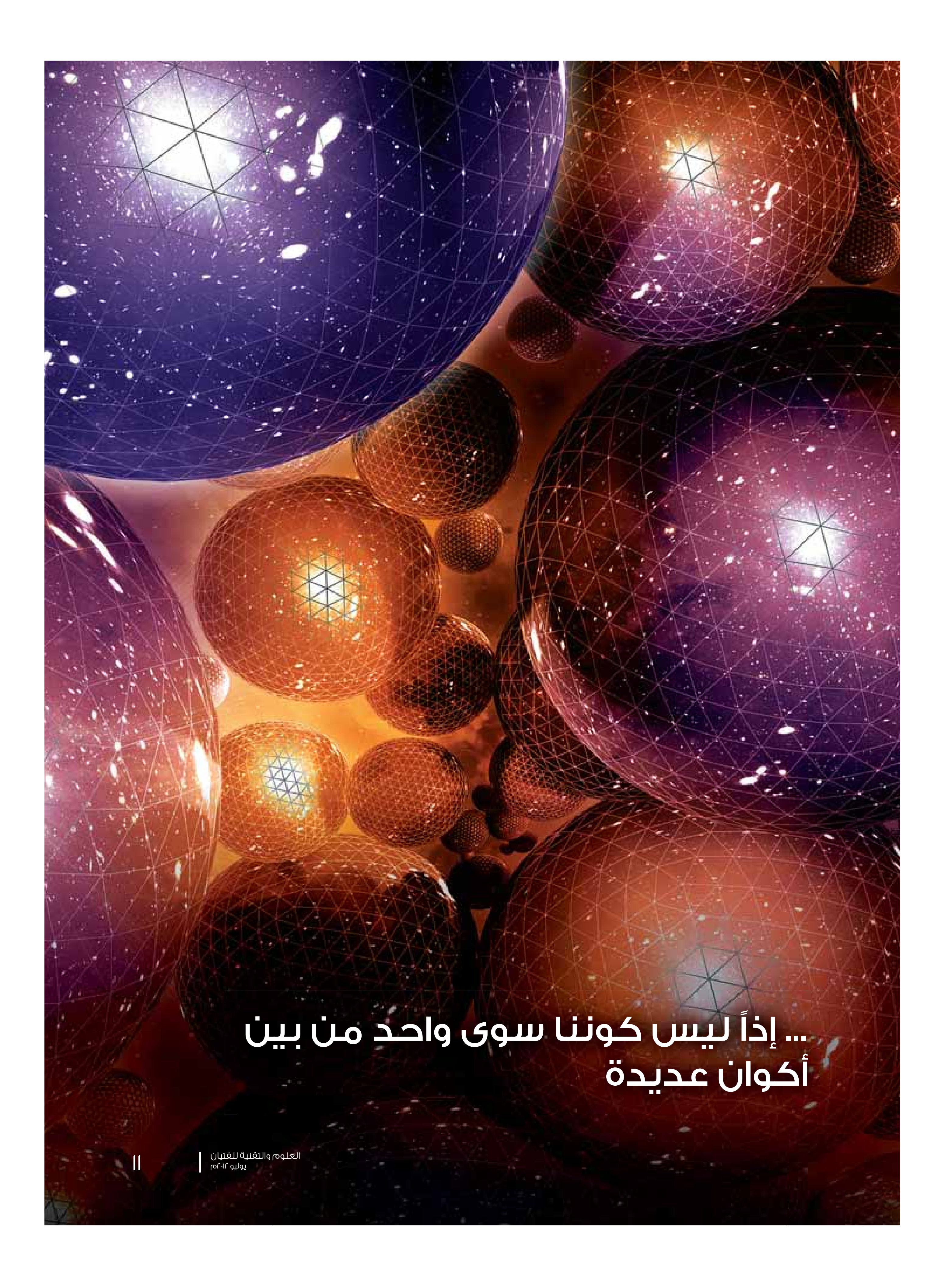
الفرضية الأولى

إذا رأينا حلقات ...

على خارطة الإشعاع السحيق ستكون الدوائر الواسعة متحدة المركز دليلاً على وجود أكوان موازية لكوننا. بصورة أدق، يشير هذا إلى أنَّ كوننا اصطدم في الماضي البعيد بكون آخر، وأنه قد احتفظ بأثر هذا الاصطدام في شكل دوائر تتراكب مع التقلبات العشوائية للإشعاع الكوني السحيق.

ويستند هذا السيناريو، الذي وضعه ليونارد سوسكيند Leonard Susskind (جامعة ستانفورد) إلى نظرية الأوتار، فحسب هذا النموذج، ما كوننا سوى فقاعة صغيرة في ما وراء كون أوسع يحتوي بدوره على ما لانهاية من الأكوان، ولكلٍ منها قوانينه الفيزيائية الذاتية. وبالتالي، في هذه "الأكوان المتعددة" الموجودة سرمديًا يمكن ظهور فقاعات جديدة والنمو في أيٍّ مكان وزمان.

وقبل ذلك في أواخر عام ٢٠١٠م، انهمك العلماء في البحث عن مثل هذه الإشارة في خارطة الإشعاع السحيق التي حصل عليها القمر الاصطناعي (وماب)، وقد وجدوا فيها بعض المعلومات... ولكن بسبب عدم وجود بيانات إحصائية مهمة فإنهم لم يتمكنوا من تأكيد أيِّ شيء. ومن المتوقع أن تسمح صورة بلانك عالية الميزات بمزيد من المغامرة في هذا السبيل. وبطبيعة الحال، إذا لم نجد أيَّة دائرة في صورة بلانك فإنه لا يجب أن نستنتج من ذلك عدم وجود أكوان أخرى، فلعلها تكون موجودة، ولكن لم يصطدم أيُّ واحد منها بكوننا.



... إذاً ليس كوننا سوى واحد من بين أكوان عديدة

الفرضية الثانية

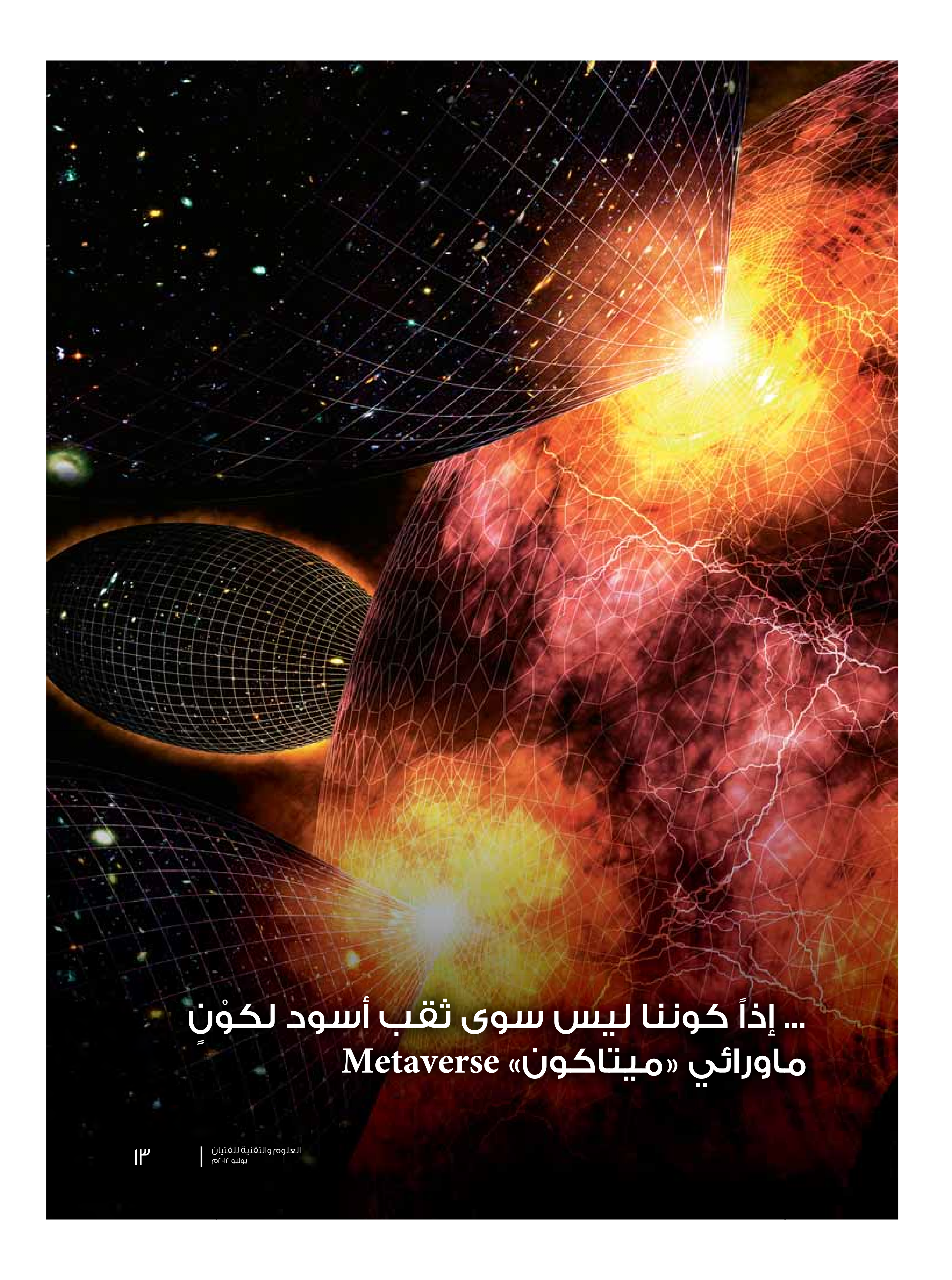
إذا لم نشاهد أيَّة بُقَع ...

لنتخيل خارطة للإشعاع السحيق لا تظهر شيئًا، لا بُقَعًا ولا إشارات وليس سوى الضجيج المتبقي من كوننا، فماذا نستنتج من ذلك؟ هل نستنتج أنَّ شدَّة الإشارة المنشودة هي أقلُّ من مستوى حساسية القمر الاصطناعي بلانك؟ هذا ممكن ما لم نعتبر في آخر المطاف ذلك دليلا على أنَّ كوننا ولد في قلب ثقب أسود كان في حالة تمدُّد، وهو يقع بحدِّ ذاته في "زمكان ماورائي" أوسع وأقتم وأبرد من ذلك... هذا الكون الأقدم والأهدأ من كوننا لم يترك سوى القليل من الأثر في الإشعاع الكوني السحيق.

ينشأ هذا السيناريو من نظرية الأوتار، فحسبها كلُّ ما يوجد في الكون ناتج عن اهتزازات أوتار رقيقة جدا. اقترح غابرييل فينزيانو Gabriele Veneziano (كوليج دو فرانس) وماوريتسيو كاسبريني Maurizio Casperini (جامعة باري الإيطالية) هذا الرأي في بداية سنة ١٩٩٠م، وهو يشير إلى أنَّ ما وراء الكون الذي يشمل كوننا كان كوناً أولياً يحتوي غازاً مخففاً جدًّا من الإشعاع والمادة. ومع تكاثف هذه المادة فهي تشكل ثقوبًا سوداء تتزايد فيها كثافة المادة باستمرار حتى تصل إلى الحدِّ الأقصى الذي تسمح به نظرية الأوتار. وعندها تنكفئ على نفسها لتشكل أكوانًا صغيرة مثل كوننا، مع هيكله الخاص للزمكان.

إن عدم اكتشاف أيّة بقع ليس دليلاً قاطعًا على قيام هذا السيناريو "ولكنه إشارة تدعم صحته"، كما ينوِّه غابرييل فينزيانو، فهي إشارة من شأنها دفع الفيزيائيين الفلكيين إلى سبر أول ضوء في الكون بدقة تتجاوز قدرات القمر الاصطناعي بلانك".

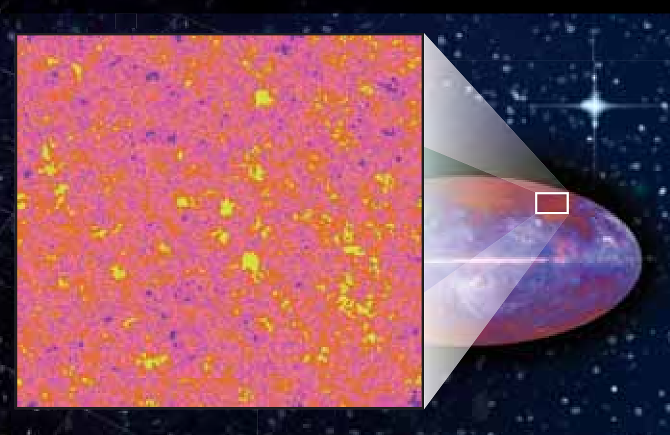
D.FLORENTZ - ESA



... إذاً كوننا ليس سوى ثقب أسود لكوْنٍ ماورائي «ميتاكون» Metaverse

الفرضية الثالثة

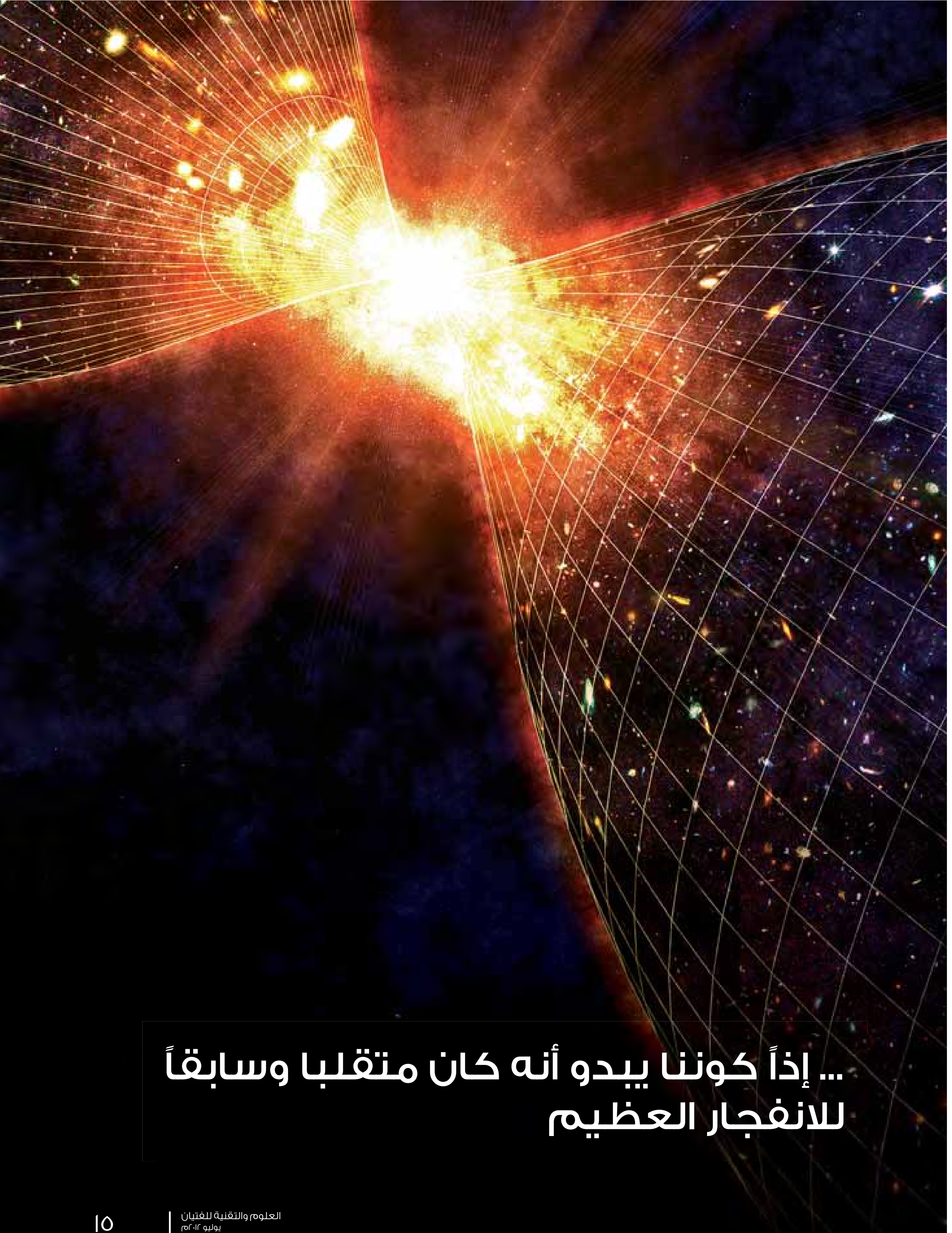
إذا رأينا بقعاً صغيرة ...



D.FLORENTZ - ESA - G.HURRIER/CMBFAST

إذا كان الإشعاع السحيق لا يمثل سوى سحابة من بقع صغيرة فإنه سيكون علامة على وجود الكون قبل الانفجار العظيم، وإشارة إلى أنه تقوَّض على نفسه تحت تأثير التثاقل... قبل أن يرتدَّ ويدخل في طور التمدُّد الحالي. أثناء انهياره كانت التذبذبات ذات الطول الموجي الكبير "مقطوعة"، وهو ما يفسر عدم وجود بقع كبيرة، بالطريقة نفسها التي يؤدي فيها تقصير أوتار الغيتارة إلى "إطفاء" النبرات الأرخم الصادرة عنه. يستند هذا السيناريو إلى نظرية التثاقل الكمومي الحلقي التي ترى أن هناك "كمَّات" quanta من عنصورات (بكسل) صغيرات للزمكان. ووفقًا لهذه النظرية، عندما تتجاوز كثافة الكون ألف مليار مرة الكتلة الشمسية في فضاء لا يزيد حجمه عن البروتون فإنه يصبح التثاقل تنافرًا. ووفقًا لحسابات أبهاي أشتكار Abhay Ashtekar وتوماش باوفيوفسكي Tomasz Pawiowski وبارامبيت سينغ Parampeet Singh (من جامعة بنسلفانيا)، فهذا هو السبب الذي لم يترك أمام الكون، عندما كان في حالة انكماش، سوى الارتداد عن نفسه. وفي الواقع، حدث الانفجار العظيم لحظة الانكماش الأقصى.

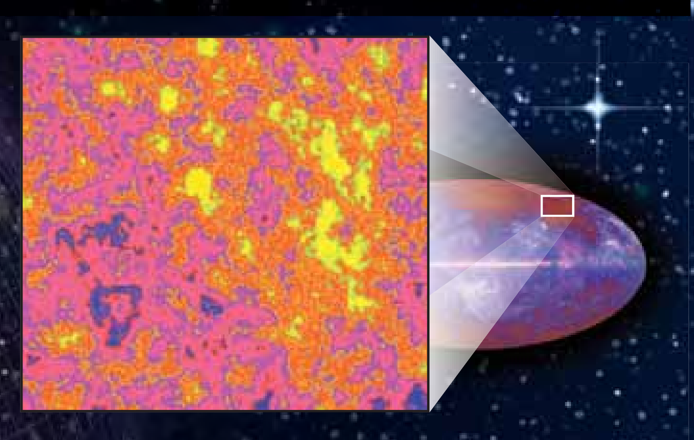
من المؤكد -كما يشير مارتين بوجفالد Martin Bojowald، مهندس علم الكون الحلقي- أنه "من المحتمل أن يكون الارتداد قد أزال أيَّة إشارة للانفجار العظيم. وفي هذه الحالة، لن نرى أبدًا أيَّ شيء حدث من قبل". وسيظل ما قبل الانفجار العظيم عصيًّا علينا... ورغم ذلك: يؤدي تحليل أحجام البقع في الإشعاع السحيق إلى رصد فريد لما كان يمثله العالم قبل الانفجار العظيم.



... إذاً كوننا يبدو أنه كان متقلبا وسابقاً للانفجار العظيم

الفرضية الرابعة

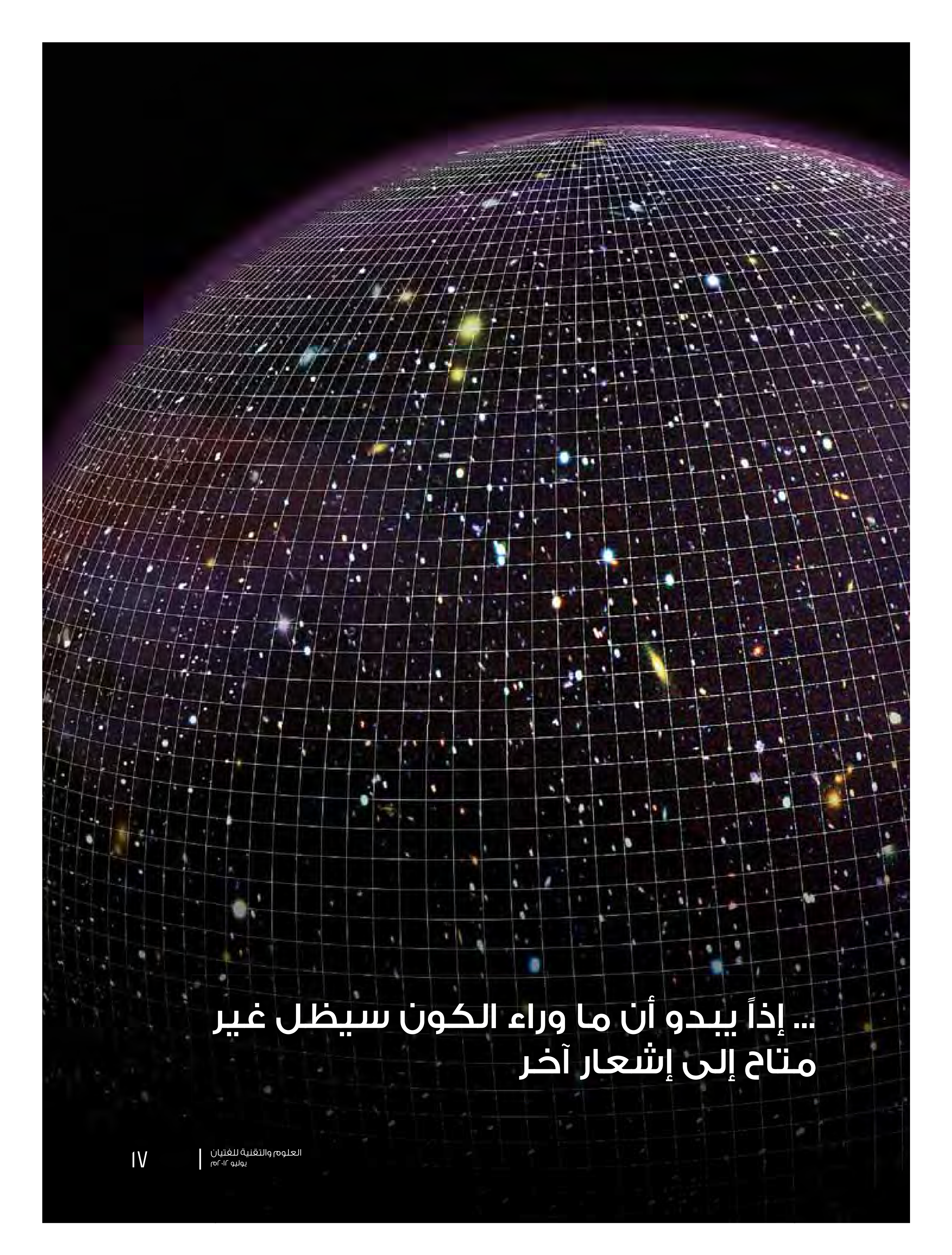
إذا رأينا بقعاً من جميع المقاسات ...



بقع صغيرة ومتوسطة وكبيرة: هذه الصورة للأشعة الكونية السحيقة ليست أفضل خبر لمستكشفي العالم الآخر. بل هناك أمر مؤكد، وليتحمل المسؤولية أنصار ولادة الكون داخل ثقب أسود قيد التمدد (الفرضية ٢) لأنَّ هذا السيناريو لا يتنبأ بوجود أيّة إشارة واضحة في الإشعاع السحيق، وسيذهب ما وراء كونهم في خبر كان. أمَّا بالنسبة لمؤيدي الارتداد الكبير (الفرضية ٣)، فسيحزنون لعدم رصد تخفيف للبقع الكبيرة فاسحين المجال للكثير من البقع الصغيرة. وذلك حتى وإن لم نفقد كل الأمل، رغم الشكوك التي تحوم حول نظريتهم: فلا شيء يمنع في الواقع من أن تكون التخفيفات المتوقعة متعلقة بالإشارات التي يتجاوز حجمها كوننا، ومن ثمَّ فهي لم تترك أيَّ بصمة في الإشعاع السحيق. أخيرًا، فإن عدم وجود أثر للاصطدام على شكل دوائر لا يفيدنا في شيء بخصوص الكون المتعدد (الفرضية١)، ومع ذلك فهو لا ينفي وجودها...

إذن هل سيبقى ما وراء الكون منيعًا علينا إلى الأبد؟ ربما لا. ولكن لعلَّ استكشافه يتطلب استخدام أدوات جديدة (مقاريب فضائية، متداخلات فلكية عملاقة) لا توجد اليوم إلاّ على الورق. اليقين الوحيد عند تيبو دامور Thibault Damour، الباحث النظري في معهد الدراسات العليا العلمية، بمدينة بور سور إيفيت Bures-sur-Yvette الفرنسية هو قوله: "أراهن أنه ستكون لدينا صورة مقنعة للكون خارج حدوده في غضون خمسين عامًا" وتبقى علينا معرفة ما إذا كان من الممكن التحقق من تأكيد النتيجة عن طريق الأرصاد.

D.FLORENTZ - ESA - G.HURRIER/CMBFAST



... إذاً يبدو أن ما وراء الكون سيظل غير متاح إلى إشعار آخر

ميلاد علم جديد: علم خارج الكون

كان هناك منظرون لعلم كون الأكوان الأخرى. أما الآن فصار لهذا العلم مجربون. وبذلك يتغير وضعه..

أخيراً أصبح السؤال عن بداية الزمن مسألة علمية

غابرييل فينزيانو
Gabriele Veneziano
فيزيائي نظري، عضو دائم في المركز الأوربي للبحوث النووية

في بداية القرن الحادي والعشرين، شهد الفلكيون ثورة فعلية! فلديهم مقاريب ذات رؤية خارقة للخروج من المجموعة الشمسية واكتشاف مئات الكواكب الخارجية التي تدور حول نجوم أخرى غير شمسنا. وهكذا أصبح "علم الكواكب الخارجية" Exoplanetology علمًا قائما بذاته، والآن يأتي دور زملائهم الباحثين الكونيين لمحاولة شهود ثورتهم! فلأول مرة، بفضل القمر الاصطناعي بلانك الذي فحص بالتفصيل أقدم ضوء في الكون، أتيحت لهم الفرصة للخروج من الكون لرؤية ما بعده. وهذا ما يميز ميلاد مجال علمي جديد فريد من نوعه تمامًا، والذي يمكن أن يطلق عليه "علم الأكوان الخارجية" "Exocosmology" – أي علم الكون للأكوان الأخرى.

ما أطول هذا الشوط الذي قطعناه منذ عشرين عامًا! لأنه، حتى الآن، ليس هناك من العلماء من أخذ هذا الادعاء على محمل الجد. كان الجميع على قناعة بأنه لن يستطيع الحصول على معلومات عما يحدث خارج عالمنا، وأنَّ كل التكهنات حول وجود عوالم ما وراء حدود زمكاننا لا تتعدى الافتراضات التي لا يمكن التحقق منها، وأنَّ مشاهد العالم الآخر ستظل في عداد المجهول.

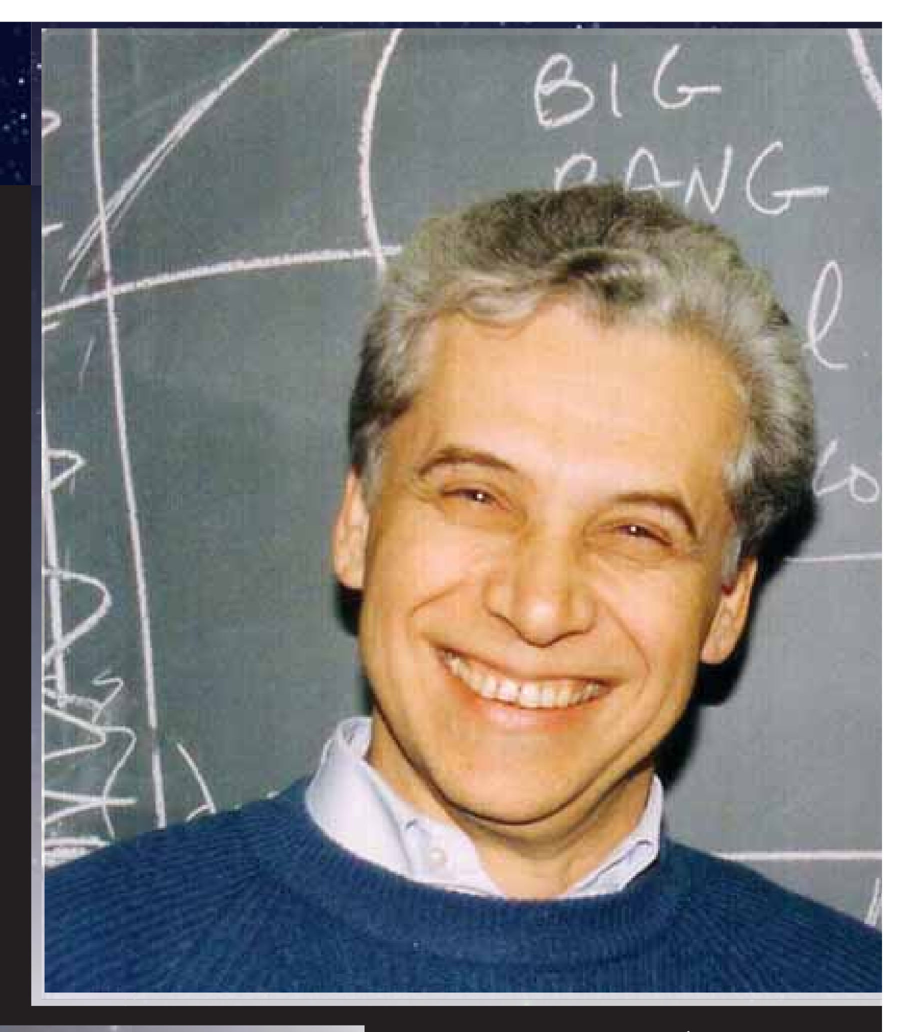
علاوة على ذلك، في سنوات ١٩٨٠م ترك الباحثون السؤال عن الأصل جانبًا بسبب نظرية التضخم، وهو سيناريو اقترحه أندريه لينده Andrei Linde من جامعة ستانفورد بغية استكمال نظرية الانفجار العظيم، وجعل الحجم المرصود للكون متفقًا مع عمره النظري. وبموجب هذا السيناريو، شهد الكون، بعد جزء من الثانية من الانفجار العظيم، طور تمدُّد وجيز وعنيف للغاية. وقد أزال هذا التضخم أيَّ أمل في مجرد القدرة على الاقتراب من "اللحظة صفر": وكلُّ ما حدث من قبل مُحي من غير رجعة من "ذاكرة" الكون. أمَّا فيما يتعلق بمعرفة ما يمكن أن يوجد خارجه، فلا تنبس نظرية الانفجار العظيم ببنت شفة عنه. وهذه الأخيرة تصف تمدد الكون ضمنه... ولا تحتاج أيَّ "خارج". وباختصار، "قبل عشرين عامًا لم تكن هذه الأسئلة مطروحة"، كما يقول تيبو دامور، المتخصص في نظرية النسبية العامة في معهد الدراسات العليا العلمية (بور سور إيفيت).

> **قبل عشرين سنة لم يكن أمر اكتشاف ما وراء الكون مطروحًا**

تغيَّر كلُّ شيء في عام ١٩٨٩م، عندما أعطى القمر الاصطناعي كوبي أول خرائط السماء التي تبيِّن تقلبات الأشعة الكونية، وهي البصمات السحيقة للحظات الأولى للكون. وقد أصبحت تفاصيل هذه التضخمات موضع اهتمام كبير. وبحسب ما يقول آلان ريازويلو Alain Riazuelo، من معهد الفيزياء الفلكية في باريس، "مع كوبي، أصبح من الممكن أخيرًا البحث عن مسألة الكون الأولي في بيانات الرصد". وبعد ذلك بخمسة عشر عاماً حاز مسؤولان من كوبي جائزة نوبل في الفيزياء، في

ذلك. ويوضح غابرييل فينزيانو، وهو أيضًا أحد مؤسسي نظرية الأوتار (انظر الصورة الجانبية): "لقد أدركنا أنه يمكن حلُّ المشكلات التي يُفترض أن نحلّها بوساطة التضخم أيضًا إذا افترضنا أنه كان للكون تاريخ سابق على الانفجار العظيم".

منذ ما يزيد عن نحو عشر سنوات فحسب أخبرتنا النظريات أخيرًا ببعض المعلومات عن "ما قبل" و"ما وراء"... ويؤكد مارتين بوجفالد، من جامعة بنسلفانيا، أحد كبار مهندسي علم الكون النابعة من التثاقل الكمومي الحلقي (انظر أدناه): "حتى وإن كانت هذه النماذج لا تزال غير مكتملة فهي الآن ناضجة بما يكفي لأخذ توقعاتها على محمل الجد. والآن الكرة مرة أخرى في مجال الرصد". كرة نلتقطها أثناء ارتدادها بوساطة القمر الاصطناعي بلانك! وهذا حين أدخل القمر الاصطناعي (وماب) الأرصاد الكونية في عصر الدقة العالية واضعًا بذلك الباحثين على تخوم عوالم أخرى...



نمذجة ما قبل وما وراء

يقول غابرييل فينزيانو مبتهجا: "أخيرًا أصبح السؤال عن بداية الزمن مسألة علمية". وفينزيانو هو أحد مهندسي أوائل النماذج النظرية التأملية التي تجرؤ على المغامرة وراء هيكل كوننا. ظهرت هذه النماذج خلال الفترة ما بين عامي ١٩٩٠ و٢٠٠٠م، وقد انطلقت من نظريات كانت تهدف في البداية للتوفيق بين الرؤى حول اللامتناهي الكبر واللامتناهي الصغر التي كانت غير متوافقة حتى ذلك العهد... ولم تستطع في واقع الأمر التقدم أكثر من



صارت نماذجنا تؤخذ اليوم على محمل الجد

مارتين بوجفالد
Martin Bojowald
فيزيائي في جامعة بنسلفانيا

O.ROLLER - J.KOURKOUNIS/POLARIS



القمر الاصطناعي بلانك هو حظنا الأوفر للولوج في الأكوان المتوازية

ليونارد سوسكيند
Leonard Susskind
فيزيائي في جامعة ستانفورد

ما يدفع مجموعة الباحثين الكونيين لدراسة خارج الكون: ويستعدُّ مجال الرصد ليقول كلمته أمام هذه الأسئلة الماورائية. "بلانك هو فرصتنا السانحة لبلوغ عوالم متوازية"، يقرُّ، بلهف، ليونارد سوسكيند Leonard Susskind (جامعة ستانفورد)، وهو أول من تحدث عن مفهوم "الأكوان المتعددة" (مُجمل العوالم الممكنة). ولكنَّ أوريليان بارو Aurélien Barrau، من مختبر الفيزياء تحت الذرية وعلم الكون في جامعة غرونوبل الفرنسية، يحذِّرنا: "لعلنا لن نرصدها بصورة أكيدة لكننا قد نستطيع تقديم إرشادات من شأنها ترجيح نظرية على الأخرى، ونحن على الأقل لم يعد يمكننا القول بأنَّ مسائل ما قبل الانفجار العظيم أو الأكوان المتعددة خارجة عن نطاق العلم!".

ومن الممكن ألا يرى بلانك شيئًا ملموسًا بشأن ما هو خارج الكون.

مرحبًا بكم إذاً إلى الأكوان الخارجية، مع أنَّ الطريق لا يزال طويلاً وشاقًا...

ويذكرنا تيبو دامور: "الإشارات القادمة من خارج الكون ضئيلة جدا، ومن يدري إن كانت ستبقى مدفونة داخل الضجيج الخلفي للإشارات القادمة من الكون...".

مجال بحث قائم بذاته حتمًا

في هذه الحالة، علينا انتظار البناء المحتمل لقراب ليزا LISA التداخلي الفضائي القادر على مراقبة أمواج تثاقل بدائية، أو حتى أجيال لاحقة من هذه المقاريب، للحصول على تفاصيل أدقَّ بشأن التقلبات في هذه الموجات. على أيِّ حال، سيبقى علم الأكوان الخارجية علما منفصلا، مثله مثل علم الكون. وفي هذا السياق يوضِّح دان إسرائيل، من معهد الفيزياء الفلكية في باريس: "على العكس من العلوم التجريبية، مثل الفيزياء أو الكيمياء، حيث يمكننا تكرار تجربة بعدد المرات التي نريد، ليس لدينا هنا سوى كون واحد! إذن كيف يمكننا التأكد من أنَّ إشارة مرصودة هي نتيجة لسيناريو نظري وليس مجرد تقلُّب إحصائي بدون معنى معيَّن؟" عندما نسحب قطعة نقود مرة واحدة يستحيل علينا القول إن كانت مغشوشة أم لا...

ولنتذكر أنه قبل نحو قرن ونصف من الزمان دعا العالم والفيلسوف أوغست كونت Auguste Comte العلماء لعدم التكلم عن الكون كي لا يخلطوا بين الفكر والمعرفة، وقد استغرق الأمر حتى عام ١٩١٥م وظهور نظرية النسبية العامة لكي يصبح الكون موضوعًا علميًا، وانتظرنا سنوات ١٩٦٠م حتى نختبر التكهنات المتوفرة عن الكون اعتمادا على أرصاد أكيدة. وخلاصة القول أن علم الكون فرض نفسه بعد فترة لا تقل عن نصف قرن، أمَّا علم الأكوان الخارجية فهو لا يزال في بداية الطريق.

(1) LES PREMIERS SIGNES DE L'AU-DELÀ, S&V, # 1134, March, 2012, pp 48-66.
(2) MATHIEU GROUSSON.

(٣) فريق ترجمات، سويسرا.

مجلة العلم و الحياة "science & vie" الفرنسية

هــي مجلة علمية شاملة شهرية الإصدار تملكها شركة موندادوري الفرنسية، تُعنى باستعراض المستجــدات والاكتشافات العلمية من خلال المقالات والاخبار، وقد صدر العدد الأول منها عام ١٩١٣م ، ثــم صدرت بعد ذلــك نسخة مستقلة من المجلة تختص بعلــوم الحاسب الآلي في عام ١٩٨٢م ، وفي عام ١٩٨٩م دشنت المجلة نسخة أخرى مستقلة عنها موجهة لطلاب التعليم العام وخاصة في المرحلة المتوسطة والثانوية.

وقــد لقيــت المجلة رواجاً كبــيراً وشهرة واسعة نظير مــا تتميز به من معلومــات موثقة وأسلوب عرض شيق وتصميم جذاب.





الأرض وقمراها[١]

بقلم: ماتيلد فونتيز[٢]
ترجمة: زينا مغربل [٣]

كنا نحسب أن للأرض قمراً متفرداً؛ وكم كنا مخطئين ! فقد أثبتت العمليات الحسابية حقيقة هامة: ثمة جسيم صغير قريب من الأرض، آت من حزام الكويكبات القصي، في دوران مستمر حول الكرة الأرضية. هو إذن قمر ثان ينبغي التنبه إليه على الفور.

هي حكاية ثنائي غير متجانس، أحدهما مضيء يعتلي مسرح السماء كل ليلة، والآخر مظلم داكن يحرص على النأي بنفسه عن الأنظار. أحدهما يؤدي رقصته بخطوات لامتناهية في الدقة، في حين يتوه الآخر في دورانه الفوضوي. أحدهما رشيق مهيب، والآخر لا يعدو كونه صخرة ملتوية بالغة الصغر. أحدهما يمكن الاتكال عليه، والآخر متقلب. أحدهما مطمئن والآخر غامض... بيد أن هذين الاثنين من صنف واحد، صنف الأقمار الطبيعية التابعة للأرض.

فقد كنا نحسب القمر متفرداً، ككوكب وحيد لا ترافقه النجوم إلا بفعل الخدع البصرية. لقد كنا مخطئين. ذلك أن ثلاثة علماء فلكيين أثبتوا أن لكوكب ليالينا شريكاً في دورانه. فقد اكتشف كل من ميكائيل غرانفيك Mikael Granvik، من جامعة هلسنكي، وجيريمي فوبايون Jérémie Vaubaillon، من معهد الميكانيكا السماوية وحساب التقويمات الفلكية في باريس، وروبيرت جيديك Robert Jedicke من المرصد الفلكي في هاواي، أن للأرض قمرين، وليس قمراً واحداً !.

لم تتم هذه المطاردة المنهجية، التي أتت أخيراً بثمارها، في السماء... بل كانت تُجرى على الورق، فهؤلاء الباحثون الثلاثة باحثون نظريون. إذ يقومون بوصفهم متخصصين في الميكانيكا، بدراسة الكويكبات التي - بدلاً من الانجذاب كسائر الكويكبات المشابهة لها بين المريخ والمشتري- ظلت تائهة حتى اقتربت من كوكب الأرض.



FOTOLIA-DR



كيف يصبح الكويكب قمراً

أوضحت عمليات المحاكاة التي أجراها الباحثون حقيقة هامة: ثمة كويكبات، من التي تتحرك بفعل الجاذبية بين المريخ والمشتري، تحيد عن مسارها وتقع في شراك قوى جاذبية الكوكب الأزرق (الأرض) فتبقى في مدارها حول الأرض لمدة معينة، قبل الانفصال عنه. ويفترض أن يكون عددها هائلاً إلى درجة وجود كويكب قطره متراً واحد فقط بشكل مستمر يدور حول الأرض.

(١) الكويكب يقترب

لا تفتأ مسارات الكويكبات تتغير وفق الدوران العشوائي لكواكب النظام الشمسي. ثم يقترب أحد هذه الكويكبات من كوكب الأرض.

القمر

الكويكب

كويكبات «محاذية للأرض» (NEO)

كان من الطبيعي أن تخطر لهؤلاء الباحثين فكرة حساب إمكانية انتزاع هذه "الكويكبات المحاذية للأرض" من مدارها الشمسي لتنضم للقمر الدائر حول الشمس. يوضح ميكائيل غرانفيك: "إمكانية أسر الأرض لكويكب ما ليست بالفكرة الجديدة. فقد توصلنا منذ زمن لقناعة بأن هذا ممكن، وبخاصة بعد رصد الكواكب الضخمة." إنها مسألة ميكانيكية بامتياز: فمع التعرض المستمر للقذف تبعاً لحركة الأجرام الأخرى في النظام الشمسي، يمكن أن يتغير مسار بعض الأجسام الصغيرة وأن يتباطأ جريانها. وفي حال شاءت الأقدار أن تلامس هذه الأجسام الصغيرة مدار كوكب آخر في لحظة تكون سرعة جيرانها قد بلغت حدها الأدنى، يمكن لهذه الكويكبات أن تبتعد عن تأثير الشمس، تماماً كراقصين مساندين في عرض الباليه حينما يبتعدون عن نجم الحفل، للرقص مع شريك آخر. إلاّ أن النماذج ثلاثية الأبعاد اللازمة لمحاكاة مسار هذه الكويكبات لم تكن موجودة قبل الآن.



تجدر الإشارة هنا إلى أن العمليات الحسابية التي بادر بها الباحثون الثلاثة بعيدة كل البعد عن البساطة. فلا شك في أن الكواكب والكويكبات والأقمار والمذنبات الأخرى تخضع لقوة واحدة فقط لا غير، وهي قوة الجاذبية، ولا حاجة هنا لاستخدام المعادلات الرياضية بالغة التعقيد الخاصة بالنظرية العامة للنسبية- فمعادلات قوانين نيوتن كافية في هذا السياق. بيد أن هذه البساطة الظاهرة مضللة، فقد أظهرت بحوث عالم الرياضيات هنري بوانكاريه Henri Poincaré منذ نهاية القرن التاسع عشر حقيقة لا شك فيها: وهي أن التنبؤ بمسار كويكب ما لمعرفة ما إذا كان ثمة احتمال بأن ينتهي بالدوران حول الأرض أمر محال من الناحية النظرية، إذ لا يمكن بالحساب الرياضي فك عقدة القوى التي تحرك النظام الشمسي والتي تتراوح بين قوة الشمس الهائلة رغم بعدها وأوجه



التفاعل الدقيق ما بين الكواكب. ويلخص ألان ألبوي Alain Albouy، من معهد الميكانيكا السماوية وحساب التقويمات الفلكية في باريس: "أعي تماماً أن الأمر يبدو ضرباً من الجنون، لكنه حقيقة: إن كنا نستطيع وصف مسار كرتين واقعتين تحت أثر تفاعل قوى الجاذبية فإنه بمجرد وجود جرم ثالث- القمر، الأرض، الشمس مثلاً- لا يعود بوسعنا إيجاد الحل".

الحاسب العملاق المسمى جاد (JADE)

يؤكد ميكائيل غرانفيك: "لم يكن لدينا إذن حل آخر: لتناول هذه المسألة، كان لا بد من اللجوء إلى الإحصاء. كان علينا الوقوف عند تطور ملايين الكويكبات من خلال المحاكاة لنرى كم منها يستقر في مدار." وقد تناول الباحثون في نهاية المطاف ملياراً من الكويكبات الافتراضية التي قاموا بوضعها في ملعب النظام الشمسي الكبير، قبل إخراجه من حالة السكون. ويوضح جريمي فوبايون: "إنها أضخم عملية حسابية أجريتها في حياتي!". لم يطل انتظار الحكم النهائي في هذه المسألة أكثر من يومين، وذلك بفضل الحاسوب العملاق "جاد"، الذي مقره مدينة مونبلييه الفرنسية. وكانت النتيجة بأن احتمال أسر كويكب هو احتمال كبير إلى درجة احتمال وجود كويكب في كل لحظة حول الأرض. بل وربما يكون هناك اثنان، وربما لا يوجد على الإطلاق.... إلا أنه يوجد واحد في معظم الأحيان. بمعنى أن هناك قمراً آخر في حال دوران شبه دائم حول كوكبنا.

> إنه نموذج أصيل يشمل مليار كويكب افتراضي

كان وقع المفاجأة هائلاً على الباحثين: "كان لدينا إحساس حدسي بأن هناك كويكبات تقع بين الحين والآخر في أسر الأرض، لكنه ما كان ليخطر ببالنا قط أن يوجد واحد باستمرار في مدار حول الأرض!"، يضيف ميكائيل غرانفيك بحماس، بينما يلخص جريمي فوبايون مسترسلاً في استعراض أفكاره: "نحن لا نراه، لكنه موجود، في مكان ما فوق رؤوسنا." كما تمكن الباحثون من رسم لمحة مختصرة عن هذا القمر: فهو تكتل من حبيبات الغبار، قطره متر واحد، يدور على بعد بضع



وسط السحب الباهرة اللمعان التي تخلفها النجوم البعيدة، تطّلب ظهور هذه النقطة البيضاء الصغيرة تثبيتاً لأكثر من ١٧ دقيقة، حيث لوحظت قطعة صخرية صغيرة قطرها بضعة أمتار، أطلق عليها ($2006\ RH_{120}$) دارت حول كوكبنا من يوليو ٢٠٠٦ حتى يوليو ٢٠٠٧م. وذلك هو القمر الوحيد الزائل الذي تم تخليده.

مئات من آلاف الكيلومترات عن الأرض (يكاد يكون أبعد من القمر)، ولا زال مساره يتعرض لأثر تقلبات حركة أجرام النظام الشمسي، وهو مضطرب التوازن المداري. ويؤكد ميكائيل غرانفيك: "تظهر عملية المحاكاة أن وجود هذه الأقمار مؤقت. فمن هذه الأقمار ما ينتهي به المطاف بعد بضعة أسابيع بالسقوط على الأرض، بينما يبقى غيرها في دورانه حول الأرض مئات السنين... إلا أن معظمها يستقر في دورانه حول كوكبنا حوالي عشرة أشهر".

الكويكب: منجم للذهب

خصائص تذكرنا بتلك التي يتمتع بها جسم صغير اسمه ($2006\ RH_{120}$) تم اكتشافه بمحض الصدفة في ١٤ سبتمبر ٢٠٠٦م. ويوضح ميكائيل غرانفيك: "إنه عبارة عن جرم قطره بضعة أمتار دار حول الأرض من يوليو ٢٠٠٦ إلى يوليو ٢٠٠٧م". وقد اعتقد الباحثون بادئ الأمر أنه مجرد حطام صاروخ يعود لعهد مركبات أبوللو، إلا أن مقاييس ضيائه أظهرت في النهاية أنه مكون من صخور. "حين أظهر تحليل ($2006\ RH_{120}$) في مارس ٢٠٠٩م أنه قمر زائل تابع للأرض، وكان الأول الذي نرصده، لم نكن قد بدأنا العمل في مشروعنا سوى منذ بضعة أشهر، يقول ميكائيل غرانفيك، عائداً بذاكرته إلى حينها، وبعد مضي ثلاث سنوات، ها قد أُثبتت توقعاتنا النظرية بفضل المثال الوحيد المعروف لدينا!".

قد يبدو هذا القمر الثاني مخيباً للأمل في نهاية الأمر، فهو مجرد قطعة صخر عادية، قمر سريع الزوال، بالغ الصغر، لا يمكن مقارنته بالكوكب المهيب الذي يضيء ليلنا ويحكم محيطاتنا. بل إننا قد نتساءل إن كان يستحق حقاً تسميته بـ"القمر"... إلا أن جميع هذه الاعتبارات لا تُحد من حماسة هؤلاء الباحثين الثلاثة، الحالمين بكيفية الاستفادة من اكتشافهم. ويقول ميكائيل غرانفيك بحماس فياض: "لدينا هنا مادة من خارج كوكب الأرض في متناول أيدينا! إنها فرصة لا بد من استغلالها". ذلك أن الكويكبات تضمر تحت ستارها الصخري منجماً للذهب من منظور علماء الفيزياء الفلكية. ويعدد باتريك ميشيل Patrick Michel المنتسب إلى المرصد الفلكي في نيس (فرنسا): "نعتقد أن هذه الكويكبات قد أتت بالماء وأولى جزيئات الحياة إلى الأرض، وهي لا زالت تحتفظ بتركيب النظام الشمسي لحظة ولادته!".

ومن المعلوم أن دراسة هذه الأجرام الصخرية الصغيرة باتت من أولويات الوكالات الأمريكية والأوروبية. وقد تم التخطيط لمهمتين: من المقرر إطلاق مسباري أوزيرس ريكس Osiris Rex (التابع لوكالة الفضاء الأمريكية ناسا) وماركو بولو آر Marco Polo R (وكالة الفضاء الأوروبية) في ٢٠١٨ و٢٠٢٠م نحو كويكبات قيد الدوران على بعد ملايين الكيلومترات من الأرض. ولكن لمَ الذهاب بعيداً إلى هذا الحد؟ ألا يمكن أن يكون قمرنا الثاني الأقرب ألف مرة، هو موقع ثروتنا؟ هذا ليس ببعيد عن فكر بول آلن Paul Allen، مدير التحقيق في البعثات المخصصة للكويكبات في وكالة الفضاء الأمريكية: "إنه بديل مطروح بشكل جدي! فهذه المهمة ستتطلب قدراً أقل من الوقود وستستغرق وقتاً أقل: بضعة أيام فقط تكفي للوصول إلى هذا القمر".

إلا أن الجميع لا يسكنه هذا القدر من الحماس. فقد أبدى دتليف كوشني Detlef Koshny، وهو خبير متخصص في هذا الشأن بوكالة الفضاء الأوروبية، تحمسه حين طرحنا عليه هذه الفكرة، قبل أن يتراجع قليلاً حين تعرف على حجم هذا القمر الضئيل: "نحن عاجزون في الوقت الراهن عن التحكم في عملية الهبوط إلى بضعة أمتار... أما الإرساء على قمر عرضه متر واحد فأمر بالغ الصعوبة!". كما يشير لندلي جونسون Lindley Johnson بدوره (وهو خبير في الكويكبات المحاذية للأرض لدى وكالة ناسا) إلى التحديات التي تنطوي عليها بعثة من هذا القبيل: "بدايةً، يمثل إبقاء رواد فضاء على

> **التحدي المقبل: تحديد موقع القمر الثاني عبر المقراب قيد التصنيع المسمى "LSST"**

قمر للقطف

قمـر الأرض الثـاني، المكتشـف للتـو وإن لم يحـدد بعـد موقعه، يلهـم الخيال. "ربمـا يكـون بوسعنا إرسـال قمـر صغير للتحليـق فوقـه، كمـا يقـترح ميكائيـل غرانفيـك، أحـد أصحاب هـذا الاكتشاف، فهـذا مـن شأنـه أن يمكننـا مـن القيـام بتحليـل طيفـي للسطـح وتصويـر الحفر العميقـة التي ربما توجد علـى سطحه". "لعـل الأمثل هـو مشاهدة سقـوط أحد هـذه الأقمـار في الغـلاف الجـوي للكرة الأرضيـة"، يقـول مـن جهتـه باتريـك ميشيـل، خبـير الكويكبـات في مرصـد نيـس الفرنسـي. حينئـذ يكـون بوسعنـا إعـادة مجموعتنـا مـن الكويكبـات إلى سياقهـا الصحيـح. لكن هـؤلاء يعترفون أن مهمتهـم القصـوى هـي الرجـوع بالقمـر الثـاني كامـلاً لدراسـته "حينئذ يكـون بوسعنـا فهـم كيفيـة تغـير سطح القمـر بفعـل الريـاح الشمسيـة، وتصحيح الانحـراف الـذي يشـوب ملاحظاتنـا الخاصـة بالكويكبـات"، يـبرر ميكائيـل غرانفيـك. ذلـك أن علمـاء الفيزيـاء الفلكيـين يحلمـون أيضـاً بقطـف القمر.

سطح كويكبات حجمها عشرات الأمتار تحديـاً في حـد ذاتـه، فضـربة واحدة بالمطرقـة كفيلـة بإقلاعهم من سـطح الكويكـب!" أضـف إلى ذلـك معضلـة مـدة حيـاة القمـر المحـدودة: فكيـف نسـتهدف جرماً لا يبقـى أكثر من عام في دورانه حول الأرض في حين يستغرق الإعداد لأية بعثة خمس أعوام؟ ويحسم بـول آلن: "هـو أمر صـعب لكنـه ليس مسـتحيلاً. وهـو يسـتحق بحثـاً جاداً.



المقراب الكبير المسمى Large Synoptique Surve Telescope لا زال قيد التصنيع، وهو سيتمكن بعد أقل من عشر سنوات من العثور على القمر الثاني للأرض.

سـنعود بلا شك إلى الحديث حول هذا الأمر خلال الأشهر القادمة!".

قرابة عام ٢٠٢٠م؟

قبـل النظـر في هـذه البعثـة، لا بد أولاً مـن تحديد مكان هـذا القمر. بيد أن ثمـة عشـرة مقاريـب فقـط قادرة على التقاط ضـوء كوكـب بهذا الحجم الصـغير، وهـذه المقاريـب عاجزة عن تغطيـة كل مسـاحة السـماء." ويقـرّ ميكائيـل غرانفيـك في هـذا السـياق: "نـكاد نكـون مصـابين بالعمـى فيما يتعلـق بالأجـرام التي يقـل قطرها عن كيلومـتر واحـد. فقد كان الكشـف عن ($2006\ RH_{120}$) من محض الصـدفة".

حقائق وأرقام

٨٦٨٦ كويكـب محـاذ للأرض تم الكشـف عنها حتـى الآن، إلا أن المقاريب لا تستطيع رؤية سوى الأجسام التي يتعدى حجمها عدة مئـات من الأمتار. ويفترض في الواقـع وجـود مئـات الملايـين مـن الكويكبـات التي قطرها مـتر واحد، وهو عدد الأقمار المحتملة التابعة للأرض.

ويعيـد الباحث النظـر جيـداً فيما إذا كان القمـر الثـاني سيسـتقر في مـدار يميـل إليه: وهو يأمـل في ظهور مناطق ذات احتمـال أكـبر يمكن اسـتهدافها في المسـتقبل، وذلك من خـلال مقارنة مسـارات جميـع الأقمـار الناتجـة عن عمليـة النمذجة التي قام بها. ولا شـك في أن الأمثـل هـو توفر مقراب ضـخم قادر على سـبر السـماء بأسـرها على غـرار... مقـراب المسـح الإجمـالي الكبير الذي يجري تشـييده في تشيلي. فمن المقـرر أن يكون هذا الجهاز قادراً عام ٢٠٢٠ على إيجـاد أجرام على بعد يتراوح بين بضـعة أمتـار وحتى ملايين الكيلومـترات مـن الأرض. وسـيكون قادراً عندئذ على رصـد قمرنا الثاني. الأمـر الذي سـيكون بمثابة صـفعة في وجه سياسة الفضـاء الأمريكية. فمنذ عامـين، ذكـر بـاراك أوبامـا ببعض الإثارة أن "الخطـوة الكبيرة" القادمة للبشـرية لن تكون على سطح القمر، بل على سـطح كويكب. قـد لا يكون هناك فرق بين الأمرين في آخر المطاف.

(1) LA TERRE A DEUX LUNES!, S&V, # 1136, May, 2012, pp 92-97.
(2) MATHILDE FONTEZ.
(٣) مدير تنفيذي في دار ترجمان، الولايات المتحدة الأمريكية.

وجهة نظر حول

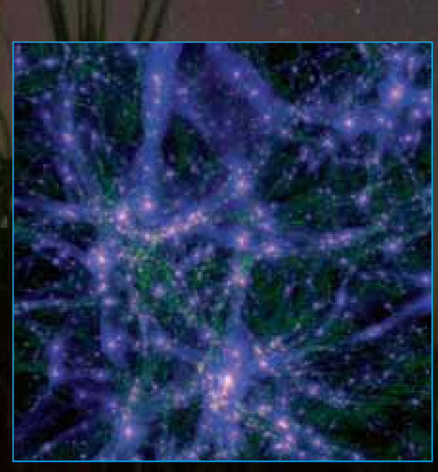
٥٠٠ سنة بعد كوبرنيكوس

نحو ثورة كونية أخرى؟[١]

B.A. TAFRESHI - PROJET HORIZON

بقلم: إمانويل مونييه[٢]
ترجمة: أبو بكر خالد سعدالله[٣]

منذ أن قام خلال النهضة الأوروبية أحد الكهنة الولوعين بعلم الفلك بإعادة رسم نظامنا الشمسي ما انفك الفلكيون يعيدون وضعه في إطار أشمل: النجوم، المجرات، الحشود ، ... وما وراء ذلك؟ يحاول علم الكون أن يصف المشهد في شموليته. ورغم ذلك فالثورة القادمة سيكون مسرحها مكان آخر: قد يكون كوننا هذا غير وحيد!



يعتبر مشروع "أفق" Horizon أكبر محاكاة للكون أُنجز لحد الآن، وهو يمثل حوصلة لكل المعارف الحالية.

١٥١٢م العام الذي لم تعد فيه الأرض مركز العالم...

عندما حرّر كوبرنيكوس سراً نظريته حول العالم كان يعلم أن ذلك يمثّل أكثر من تحد لزمانه: إنه بمثابة إسقاط للإنسان ذاته.

لقد طرح كوبرنيكوس –أرضاً– الإغريقي بطليموس ونظامه المختل! ففي تلك الأمسية من عام ١٥١٢م، ومن غرفته في كاتدرائية فرومبورك (Frombork) ببولندا كان لدى الكاهن كوبرنيكوس أمر يقوم به أهم من النوم. إذ بعد قضاء يوم مثقل بواجبات إدارة الأسقفية قرر آخر المطاف تحرير أفكاره كتابياً، وهي –رغم احترامه الكبير للفلكي الإغريقي– تسقط جملة الأدوات التي لجأ إليها بطليموس لتفسير سباق الكواكب. كان كوبرنيكوس طبيباً يُنصت إليه وقد بلغ من عمره ٣٩ سنة. إلا أن طموحه كان يتجاوز هذا المقام: كان يريد إعادة وضع الكون ... في المكان الصحيح.

يرتكز الكون آنذاك على رؤى عملاقين: أولهما أرسطو الذي وضع خلال القرن الرابع قبل الميلاد الأرض في مركز الكون وحولها النجوم وسبعة "كواكب" (القمر، عطارد، الزهرة، الشمس، المريخ، المشتري، زحل) تدور دائرياً بسرعة ثابتة. وما وراء ذلك وضع أرسطو النجوم على كرة متمركزة هي الأخرى في الأرض وتدور حول نفسها. غير أن الأجرام ترفض دائما –منذ أن تفحص الإنسان السماء بالعين المجردة– الخضوع إلى هذا الكمال. تدور الكواكب بانتظام في الاتجاه المعاكس في السماء. أما العملاق الثاني: بطليموس. فقد وضع في القرن الثاني بعد الميلاد آلية معقدة تسمح بترتيب مكونات السماء ترتيباً جيداً. تدور فيه الكواكب وفق دائرة صغيرة، بينما لا يدور مركزها حول الأرض بل يدور بانتظام حول نقطة وهمية بالنسبة لنقطة التساوي (Equant).

رؤية مسيئة للقداسة

تسمح هذه الآلية الذكية بترتيب الحركة الظاهرة للأجرام. غير أن نقطة التساوي هذه صدمت كوبرنيكوس. ذلك أن أرسطو كان واضح الرأي: لا يمكن أن ندور حول لا شيء! وكيف يمكن تفسير تغير لمعان المريخ إذا كانت نفس المسافة تفصلنا دائما عن هذا الكوكب؟ وخلال برهة من الزمن أعاد الكاهن التفكير في اللوحات التي تزّين كتدرائيته. وكان شأنه شأن الرسامين الذين عاشرهم في عهد سابق بإيطاليا، يتفاعل مع نوع الرسم المسمى الرسم المنظور. كيف يظهر لنا العالم إذا ما أبعدنا كوكب الأرض من مركز الكون لنضع مكانه – كما فعل بعض الكتاب القدامى الجريئين – الشمس باعتبارها ثابتة؟ لقد أشار الكاهن إلى أنه إذا ما كانت الأرض تدور هي الأخرى حول نفسها فإننا نلاحظ فعلا انسجام مجموعة الحركات السماوية؟ من أجل ذلك يكفي أن نزيح كرة النجوم بمسافة كبيرة جدا. أما السباق العشوائي للكواكب فيكون ناتجا من تأثير دوران الأرض حول الشمس.

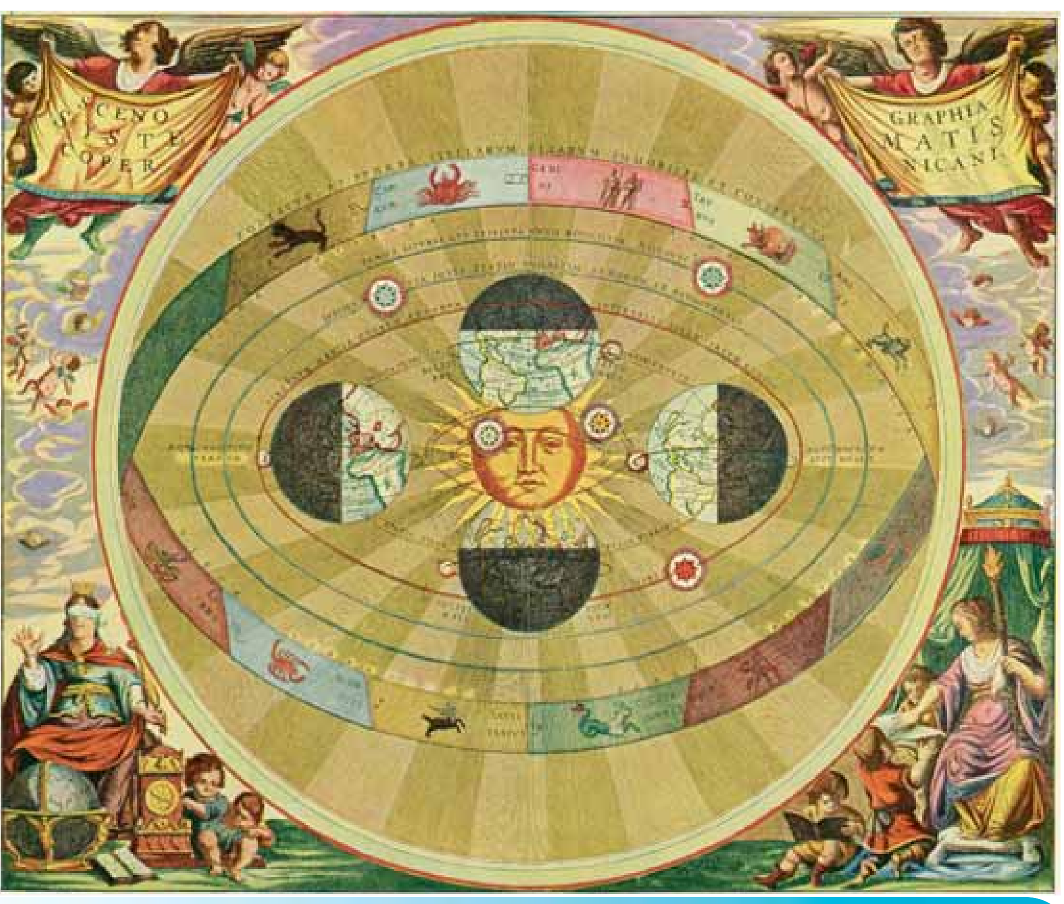
كان كوبرنيكوس يعلم أن رؤياه مسيئة للقداسة. مسيئة للكنيسة... ولفلكيي عصره. ومن ثمّ أنجز مشروعه القاضي بألا يحرّر آنذاك سوى مخطوط صغير لا يتجاوز بضعة صفحات، موجهة لأقربائه دون غيرهم، يخفي عنوانه المتواضع –"تعقيبات" (Commentariolus)– طموحه. وكان لا بد من إصرار أحد تلاميذه الشباب، وهو ريتكوس (Rheticus)، ليقبل عشية يوم مأساوي، بعد ٣٠ سنة من طباعة أفكار كوبرنيكوس في كتاب فَرَض نفسه سماه "حول دوران الكرات السماوية" De revolutionibus orbium coelestium.

إنه عمل جليل أحدث ثورة في الفلك والفلسفة باقتراحه رؤية شاملة ومتينة لكون لم يعد الآن الإنسان مركزه.



AKG - COSMOS - DR

كشفت هذه القبة الفلكية الاصطناعية عمق الثورة الكوبرنيكية: كوكب الأرض لم يعد ثابتاً، فهو يدور حول الشمس، وكذا حول نفسه.





يضع مخطوط "تعقيبات" (الصورة المقابلة) الذي كتب ما بين ١٥١٢ و١٥١٤ للكاهن والطبيب والفلكي نيكولاس كوبرنيكوس (الصورة المقابلة) الشمس في مركز الكون (الصورة أعلاه). إنه أسس لعلم الفلك الحديث (الصورة أدناه) ووهبه نموذجاً مكتملاً (الصورة أدناه يسار) بعد ٣٠ سنة من ظهور مؤلفه "حول دوران الكرات السماوية" De Revolutionibus Orbium Coelestium.

الكون، لعبة دمى روسية رائعة

نجوم، مجرات، حشود، حشود ضخمة، ... لم يتوقف الفلكيون من تصنيف وتجميع وترتيب الكون. لنسلط الضوء على درب التبانة وعلى ما وراءه.

(٢)

(١)

الشمس

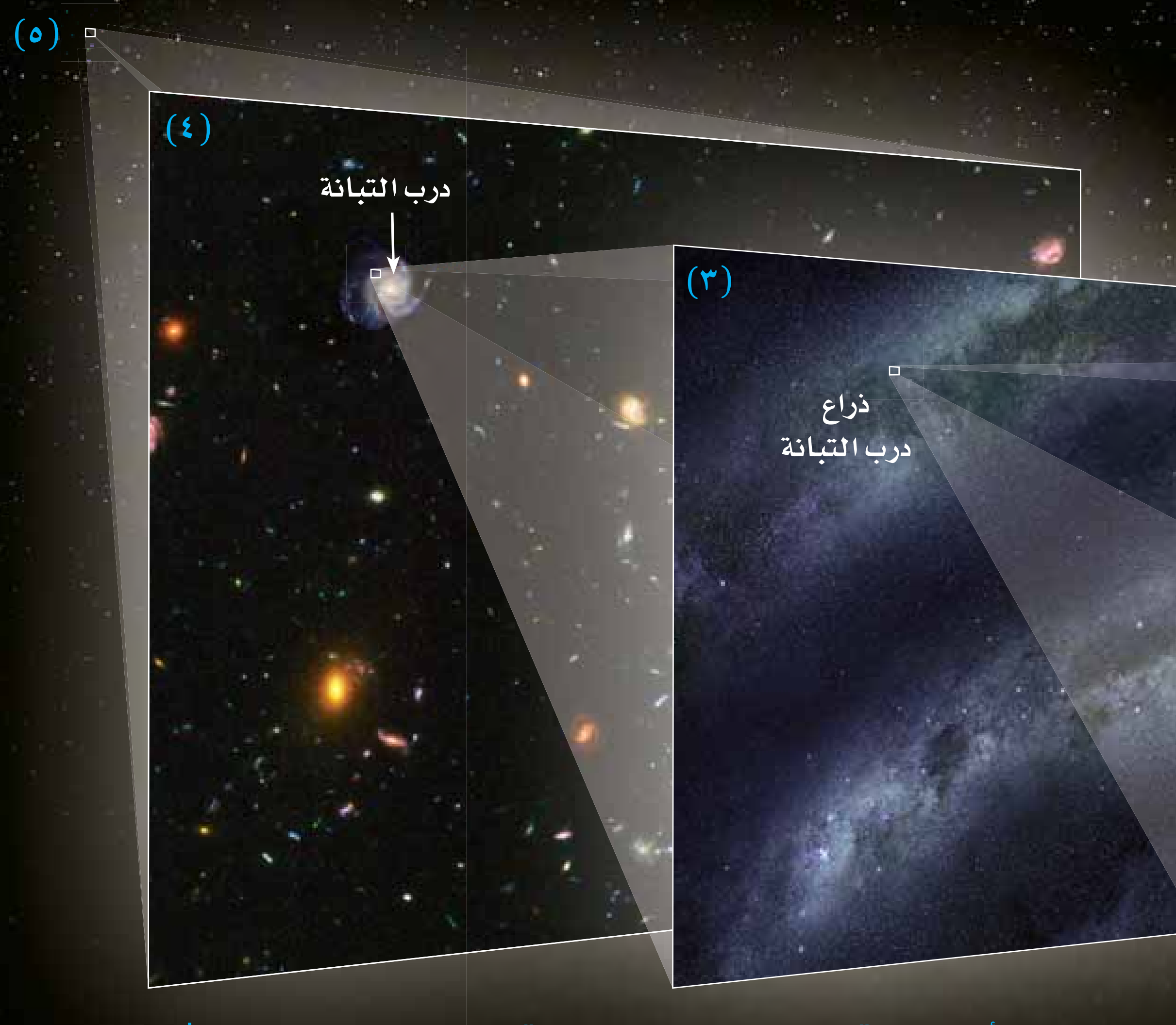
الأرض

١- الأرض؟ كوكب صغير حول الشمس...

يقدر قطر الأرض بـ ١٢٧٥٦ كلم: إنها الكوكب الثالث في النظام الشمسي بعد عطارد والزهرة، وقبل المريخ المشتري وزحل وأورانوس ونبتون وبلوتون الذي فقد صفته ككوكب كامل الشروط. تدور الأرض حول الشمس خلال ٣٦٥ يوما وفق مدار بيضاوي على بعد مسافة متوسطة تقدر بـ ١٥٠٠٠٠٠٠٠ كلم. إنها في منطقة النظام الشمسي التي يمكن أن يعيش فيها الإنسان حيث أن أشعة الشمس ليست عالية الحرارة ولا بالغة البرودة، وهي تسمح بوجود ماء سائل. أما قمرها، القمر، فهو يدور حولها على ارتفاع ٣٨٤٠٠٠ كلم.

٢- والشمس ليست سوى نجم من بين نجوم أخرى...

الشمس نجم عادي جدا من حيث الحجم (نصف قطرها ٧٠٠٠٠٠ كلم) ولمعانه (٥٨٠٠ درجة على سطحها). وتأثير جاذبيتها، المهمل عند تجاوز ٣٠٠٠٠ مليار كلم، لا يسمح لها بجذب النجم المسمى الأقرب القنطوري (أو بروكسيما قنطورس Proxima Centauri). وهو أقرب نجم لها ويبعد عنها بمسافة ٤٠٠٠٠ مليار كلم. تعتبر الشمس نقطة مضيئة في فراغ مترامي الأطراف، لا يكدّر صفوه إلا لمعان الشِّعْرَى اليَمَانِيّة (سيريوس Sirius)، التي تبعد بمسافة ٨,٦ سنة ضوئية وهي أسطع النجوم في السماء، ونجم النَّسْر الوَاقِ المعروف أيضا باسم فيغا Vega (يبعد ٢٥,٣ سنة ضوئية)، وكذا عدد كبير من الأقزام الضعيفة الحمراء (على بعد ٣٣ سنة ضوئية).



٣- أقزام تائهة في ذراع من درب التبانة...

الشمس غارقة في حشد مجهول يتألف من ٢٠٠ إلى ٣٠٠ مليار نجم يشكّل درب التبانة، وهو قرص يبلغ قطره ٩٠٠٠٠ سنة ضوئية وسمكه ٢٥٠٠ سنة ضوئية. ترسم هذه المليارات من الأجرام حلزونا يلتفّ ببطء حول نفسه من خلال أربعة أذرع رئيسة فينجز بذلك دورة كاملة في مدة ٢٠٠ مليون سنة تقريباً. تقع الشمس في "الضواحي" على الذراع الثانوي لكوكبة الجوزاء Orion في مستوي القرص وتبعد بمسافة ٢٧٠٠٠ سنة ضوئية عن مركز المجرة، وتدور حول هذا المركز بسرعة ٢٣٠ كلم/ثانية.

٤- درب التبانة ينتسب إلى حشد من المجرات...

درب التبانة هو أيضا ليس وحيداً: إنه ينتسب إلى "مجموعة محلية" تمثل حشدا يتكون من نحو خمسين مجرة قطره يتراوح بين ٦ و ١٠ ملايين سنة ضوئية. ويعتبر درب التبانة الذي يتجه نحو مركز الحشد بسرعة ٦٥ كلم/ثانية، واحدا من أهم مجرتين في الحشد، والمجرة الرئيسة الأخرى هي المسماة المرأة المسلسلة (أو أندروميدا أو M31). وتقع على بعد ٢,٥ مليون سنة ضوئية، ونحن نقترب منها بسرعة ١٣٠ كلم/ثانية. أما المجرات المتبقية فهي أصغر بكثير من السابقتين (وأقربها هي مجرة الكلب الأكبر). تتجه هذه المجموعة المحلية نحو مجموعة أكبر اتساعا، وهي حشد العذراء.

٥- وهذا الحشد من المجرات يقع في تخوم حشد عملاق

حشد المجرات المشار إليه يتاخم هو الآخر حشدا عملاقا يسمى العذراء (وهو يجمع مئات الحشود تضم من ١٠ إلى ٨٠٠ مجرة). ومركز هذا الحشد الكبير، الذي يبلغ قطره نحو ١٠٠ مليون سنة ضوئية، يقع في اتجاه كوكبة العذراء، البعيدة بمسافة ٤٠ مليون سنة ضوئية عن مجرتنا. وما وراء ذلك وبنحو عدة مليارات سنة ضوئية فالبُنى تتلاشى. والكون يصبح أكثر تجانسا يسوده فراغ دامس وبارد يلوح فيه لمعان خافت مصدره حشود من المجرات.

علم الكون: ابتكار علم جديد

حتى نذهب إلى ما وراء ما يسمح به الفلك كان لا بد من أدوات جديدة: هناك ثلاثة مبادئ أساسية تقف وراء رؤيتنا للكون.

قام كوبرنيكوس من أجل بناء تمثيل جديد للكون بوضع فرضية تقول إن الشمس، وليس الأرض، هي مركز الكون. كما قال إن التحركات التي نشاهدها في السماء تعود جزئيا إلى حركات خاصة يقوم بها كوكبنا. إنهما مبدآن جريئان لكنهما قويان وسمحا ببناء علوم كونية نقية، وكانا بفضل كبلر (Kepler) -الذي أتى بعد قرن من ذلك التاريخ- أكثر فعالية في موضوع توضيح المشاهدات. واصل علماء الكون المعاصرون في هذا الاتجاه: إذا كانت العديد من المسائل الخاصة بالشكل والمكوّنات الدقيقة لكوننا لازالت عالقة فإن هؤلاء العلماء اتفقوا على ثلاثة مبادئ كبرى تقف وراء رؤاهم للكون. إنها ثلاث فرضيات أساسية تحدد -إذا ما اجتمعت- النماذج "المقبولة علميا" للكون. وكل منها يعتمد على مشاهدات تطمئن وترجح تأسيس هذه الفرضيات أو أنها نتيجة مباشرة وحتمية من نظرية النسبية العامة، وهي النظرية الوحيدة المتوفرة اليوم (لكن لم تتم الإطاحة بها أبدا!) لوصف الكون في شموليته. تشكل هذه المبادئ الثلاثة معًا إطارا يتيح لعلماء الكون استعراض معادلاتهم داخله بكل حرية، وذلك لإنشاء صور خصبة جديدة لهذا الكل الكبير.

المبدأ الأول: الكون هو الكون في كل مكان

ماذا يعني ذلك؟

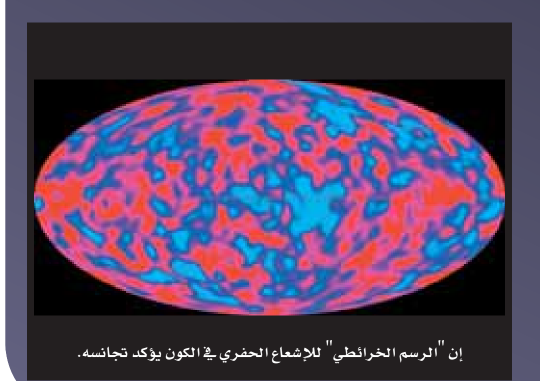
يؤكد هذا "المبدأ الكوني" أن الكون إذا ما اعتبرناه بسلَّم قياس كبير سنجده متجانساً (توزيع المادة هي نفسها في كل مكان) ومتساوي الاتجاه (أي أن خواصه هي ذاتها في جميع الاتجاهات). ولذلك لن تكون هناك نقطة متميزة لرصدها، ولا مركز تلك هي نتيجة تسمى "مبدأ كوبرنيكوس" تقديراً لذلك الذي أزاح الأرض من مركز الكون.

لماذا هذا المبدأ؟

إن هذا المبدأ ضروري لوصف الكون في شموليته لأنه لو كان الكون مختلفاً من مكان لآخر، وبما أن الفلكيين لا يستطيعون رصده إلا انطلاقا من نظامنا الشمسي، فإننا لا نستطيع تأكيد أي نتيجة تتعلق بالبنية الكلية لهذا الكون. ومن جهة أخرى، يسمح هذا المبدأ باختيار النموذج المناسب من بين مختلف النماذج: النماذج الوجيهة هي تلك التي تعطي صورة تعادل صور الكون مهما كان موقع الرصد.

كيف تم التأكد من صحته؟

الكون ليس متجانساً ولا متساوي الاتجاهات حسب سلَّم قياس النظام الشمسي. لكن المشاهدات بسلَّم قياس أكبر من ذلك بكثير (بنحو مليارات سنة ضوئية) تثبت أن كل الحجوم في الكون متطابقة في مجملها. وكدليل على ذلك فإن الصورة المحصل عليها عام ١٩٩٢م عبر القمر الاصطناعي كوبي Cobe لإشعاع أعماق الكون (وهو الضوء الأول للكون البدائي) كشفت عن كون له تقريباً نفس درجة الحرارة في كل مكان.



إن "الرسم الخرائطي" للإشعاع الحفري في الكون يؤكد تجانسه.

المبدأ الثاني: الكون في تمدد

ماذا يعني ذلك؟

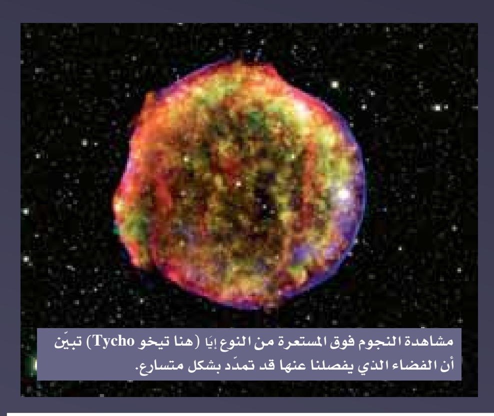
الفضاء الذي يحتوي كوننا حركي: فهو ذاته في تمدد دائم. لايتعلق الأمر بتمدد الكون داخل الفضاء بل بتمدد الفضاء كما لو كان الكون تحتويه بنية لدنة تتوسع في كل نقاطها لانهائياً.

لماذا هذا المبدأ؟

يعتبر كل زمكان حركي نتيجة حتمية لمعادلات النسبية العامة التي صاغها آينشتاين عام ١٩١٥م، وفيها لا بد أن يكون الفضاء تقلصيا أو تمدديا، ولا يمكن أن يكون ساكنا إن قبلنا بالمبدأ القائل إن الكون متساوي الاتجاهات ومتجانس إجمالياً.

كيف تم التأكد من صحته؟

لاحظ الفلكي هوبل Hubble خلال العشرينيات من القرن الماضي أن المجرات، بغض النظر عن حركاتها الخاصة، تفر كل منها عن الأخرى بسرعات تتزايد كلما زادت المسافة بينها. وهذا قانون لا يمكن تفسيره إلا بوجود تمدد مستمر للفضاء الفاصل بين المجرات. ومنذ ١٩٩٨م كشفت دراسة إشعاع نجوم فوق المستعرة supernova أن هذا التمدد للفضاء يتزايد، بدل أن يتناقص، تحت تأثير المادة التي من المفترض أن تكبح حركته. لماذا؟ ذلك سؤال من الأسئلة البارزة المطروحة على علم الكون الحديث.



مشاهدة النجوم فوق المستعرة من النوع إيا (هنا تيخو Tycho) تبيّن أن الفضاء الذي يفصلنا عنها قد تمدّد بشكل متسارع.

المبدأ الثالث: الكون لا حدود له

ماذا يعني ذلك؟

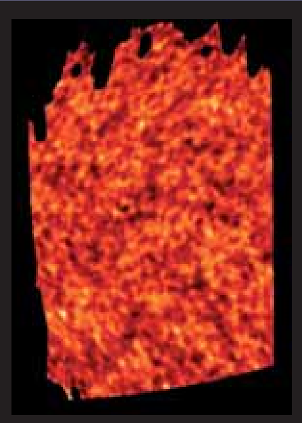
سواء كان الكون منتهياً أو غير منته فهو يتمتع بخصوصية محيّرة: إنه بدون حدود.

لماذا هذا المبدأ؟

لقد شرح لوكراس (Lucrèce) ذاته خلال القرن الأول قبل الميلاد بأنه: إن كان للكون نهاية واقتربت منها فيكفي أن أرمي بسهم لتخترقها وتستقر وراءها، وهذا الوراء جزء من الكون حسب تعريفنا له. أما اليوم فقد عوضت الهندسات غير الأقليدية رامي السهم. يمثل سطح الأرض مثالا ثنائي البعد لعالم منته وبدون حدود: ذلك أن التنقل على سطح الأرض نحو الأمام يرجعنا في النهاية إلى نقطة الانطلاق. وتبيّن نسبية آينشتاين أن الكون إن كان منتهيا فهو يماثل حالة سطح الأرض، لكنه ثلاثي الأبعاد. إن السير بدون توقف في الكون يرجعنا بالضرورة إلى المكان الذي انطلقنا منه.

كيف تم التأكد من صحته؟

إنه من المستحيل مشاهدة الكون على بعد مسافات تفوق تلك التي يقطعها الضوء منذ الانفجار الكبير. إلا أننا نستطيع قياس الانحناء الهندسي للزمكان واستخلاص ما إذا كان منتهيا أو غير منته. كيف؟ بقياس صغائر تقلبات إشعاع أعماق الكون. تبين الخرائط التي تحصّل عليها البالون المسبار بومرونغ (Boomerang)، ثم القمر الاصطناعي "وماب" WMAP، أن التقلبات تشكل بقعا رئيسية درجة عرضها درجة واحدة تقريباً. أما حجمها فمرتبط بالمسار الذي اتبعه الضوء الحفري قبل وصوله إلينا، وهو المسار الذي يرتبط بانحناء الفضاء. والملاحظ أن انحرافا زاويًا بدرجة واحدة يوافق انحناء منعدما. ومن ثم فالدقة الرياضية تضعنا على الحافة بين الكون المنتهي وغير المنتهي. ولذا من الصعب البت: فالكفة تميل بكمية ضئيلة جدا إلى ترجيح انتهاء الكون ... أو عدم انتهائه.



تقلبات الإشعاع الحفري تنبئنا بهندسة الفضاء.

نظرية: باب مطاردة الأكوان الخفية مفتوح

تتفق النسبية وميكانيكا الكم ونظرية الأوتار على النظر في وجود أكوان متعددة. فهل هي ثورة جديدة؟

ماذا لو كان كوننا واحداً من بين عدد غير منته من الأكوان؟ فبعد أن تقبلنا الفكرة القائلة إن الأرض ليست سوى كوكب حول الشمس وإن هذه الأخيرة لا تعدو أن تكون نجماً عادياً يقع في ضواحي مجرة، هي ذاتها مجرة عادية جدا، فهل لاح لنا فجر ثورة كوبرنيكيه جديدة أكثر تجذرا من سابقتها؟ ذلك ما يعتقده العديد من علماء الكون. والسبب: النظريات الكبيرة التي يعتمدون عليها، وهي النسبية العامة وميكانيكا الكم ونظرية الأوتار تؤدي إلى وجود أكوان كثيرة "كون متعدد" (multiverse).

في البداية كانت النسبية التي قالت إنه لا يمكن أن تنتشر معلومة بسرعة تفوق سرعة الضوء. ولذلك تمثل الكرة التي نحن مركزها ويعادل نصف قطرها المسافة التي يقطعها الضوء منذ الانفجار الكبير تمثل إذن النهاية المطلقة لما يمكن أن يكون له تأثير علينا. بتزايد نصف قطر هذه الكرة بسرعة الضوء هي الكون الذي نسميه "كوننا" الذي نعيش فيه. وما وراءه يبدأ كون آخر مستقل تماما عن كوننا.

وإذا كان زمكاننا غير منته فإنه يوجد بالتأكيد عدد غير منته من الكرات الأخرى تقع في ما وراء كرتنا، ويشكّل كل منها كونا قائما بذاته. والنتيجة المذهلة لهذا الوضع هي: لما كان هناك عدد غير منته من الأكوان، وكل منها له هيئة خاصة بذراته فإن كل هيئات الذرات الممكنة (على الرغم من أنها غير محتملة) تنجز بالضرورة وفق المبدأ القائل بأنه حتى لو كان احتمال الفوز في لعبة اللوطو ضعيفا يكفي أن نلعب عددا غير منته من المرات كي نكون واثقين من الفوز (وربما الفوز عدد غير منته من المرات).

أكوان متعددة متوازية...

"كل ما هو ممكن، وكل ما لا يخترق قوانين الفيزياء ينبغي إذن أن يكون له دور في مكان ما". ذلك ما يستخلصه عالم الكون أوريلين بارو Aurélien Barrau المنتسب لمختبر الفيزياء تحت الذرية وعلم الكون بجامعة جوزيف فورييه Joseph Fourier في مدينة غرونوبل Grenoble الفرنسية. يتصور عالم الكون المذكور أكوانا بعيدة آهلة بمستنسخين منا يطالعون هذا المقال. وفي كون من الأكوان يتوقف المستنسخ عن المطالعة، وفي كون آخر هناك يواصل مستنسخ آخر المطالعة. وبما أن المشهدين ممكنان من الناحية الفيزيائية فلا بد أنهما حقيقيان ويحدثان في المكان الذي أنجزت فيه هيئة مناسبة للذرات. وبعد أن اضطررنا إلى تقبل العيش في مكان كيفي من الكون فها هي كياناتنا تصبح مجرد نسخة من بين نسخ عديدة من الكيانات الكثيرة والمتكررة بالتطابق في أماكن متباعدة تباعدا منقطع النظير في الزمكان.

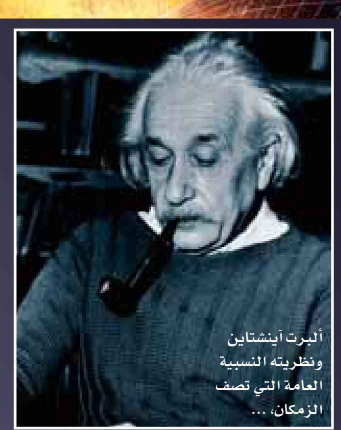
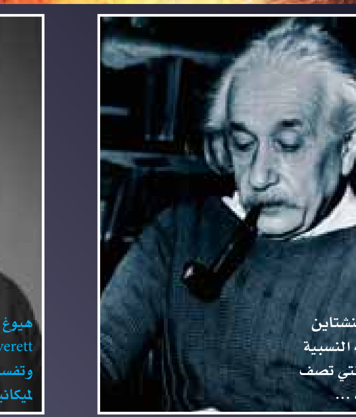
أما النظرية الكبيرة الأخرى التي ظهرت في القرن العشرين فهي ميكانيكا الكم. وبأسلوبها الخاص تؤدي هي الأخرى إلى التسليم بوجود أكوان متوازية. وباعتبار السلم القياسي تحت الذري فإن الجزيئات تتواجد بانتظام في وضع "تراكب حالات". عندما نقذف بإلكترونات على صفيحة مجهرية تحتوي على ثقبين مجهريين فإن كل منها لا يعبر ثقبا واحداً من الثقبين دون الآخر، بل يعبر الثقبين معا. وهكذا يتواجد الإلكترون في مكانين مختلفين. أما إذا وضع جهاز لتحديد الثقب الذي يعبره الإلكترون فإن هذه الظاهرة الكمومية تزول كما لو كانت الرغبة في القياس تفرض على الإلكترون اختيار المسار. كيف تُحل هذه المفارقة؟ لقد اقترح الفيزيائي هيوغ إفرت (Hugh Everett) عام ١٩٥٧م تفسيراً محيّراً: في لحظة القياس يواصل الإلكترون عبوره للثقبين لكن ضمن كونين مختلفين. ففي أحدهما يشير القياس إلى اليسار وفي الثاني يشير إلى اليمين. وكل قياس في نظام كمومي يولد عندئذ عدداً من الأكوان بعدد الحالات الممكنة. غريب... لكنه ضعيف الفائدة بالنسبة لعلماء الكون الذين لهم أحسن من ذلك في مفهوم الأكوان المتعددة. ذلك أن النظريات البالغة التعقيد التي راجت خلال العقود الأخيرة تولدت عنها هي أيضا أكوان متعددة أكثر اتساقاً.

يدمج النموذج النمطي للانفجار

DAILY HERALD ARCHIVE/SSPL/GETTY - COURTESY OF M.EVERETT - L.A.CICERO/STANFORD NEWS SERVICE - D.FLORENTZ



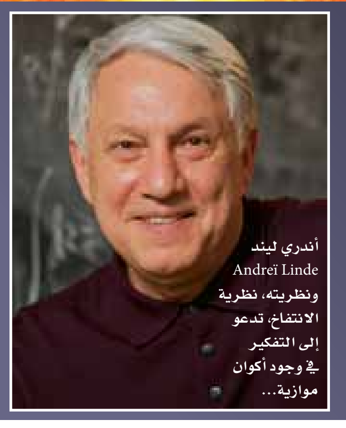
هل يمكن التفكير في وجود "أكوان فقاعية" مستقلة عن كوننا؟ هناك ثلاثة منظرين يدعوننا إلى ذلك.

ألبرت آينشتاين ونظريته النسبية العامة التي تصف الزمكان، ...



هيوغ إيفرت Hugh Everett وتفسيره لميكانيكا الكم...



أندري ليند Andreï Linde ونظريته، نظرية الانتفاخ، تدعو إلى التفكير في وجود أكوان موازية...

الكبير عنصرا تم حوله حقا الإجماع: إنه الانتفاخ. ففي الجزء الأول من الثانية التي وقع فيها الانفجار، أدت هذه الآلية إلى تمدد الفضاء بشكل أسّي لتجعله أكبر حجما بمليارات المرات. يؤكد أوريلين بارو بهذا الخصوص: "إلا أننا إذا نظرنا عن كثب إلى الانتفاخ فالملاحظ أنه لا يولّد سوى كون واحد". في كل لحظة هناك انتفاخات محلية تبرز أجزاء من الفضاء فينشئ فقاعة فضاء أكثر استقراراً تستقل عما دونها.

يبدو أن هذه هي الطريقة التي ولدت من خلالها قبل أكثر من ١٣ مليار سنة الفقاعة التي تحتوي كوننا. ويوضح أوريلين بارو هذا الأمر بالقول: "الانتفاخ يولد عددا غير منته من فقاعات الأكوان لأنه لا مبرر أن يتوقف هذا الانتفاخ في كل مكان وفي نفس اللحظة. والدليل أن التمدد متواصل أسّيا". وهكذا يتواصل إنشاء فقاعات

جديـدة لانهائيا إذ أن المعادلات لا تتفق مـع انتفـاخ يتوقـف فجـأة. تنشـأ هذه الأكـوان الفقاعية تبعا لنفس السـياق، ورغم ذلك نتسـاءل : هل هـذه الأكوان متشابهة؟ هذا ليس مؤكدا. هنا تتدخل نظرية كبرى أخرى، هي نظرية الأوتار، تدمج نسبية آينشتاين وميكانيكا الكم.

... كلها خالية وكئيبة؟

تحتاج هذه النظرية إلى أبعاد إضافية (لأن الأبعاد الأربعة لزمكاننا غير كافية) يتخيّلهـا الفيزيائيون لأننـا لا نراها، وهي منطوية على ذاتها بسـلم قياسات صغيرة لحد أننا لا نشـعر بهـا. إلا أن هناك عددا مدهشـا مـن الطـرق التـي تقوّس هـذه الأبعـاد الإضـافية، كل منهـا تـؤدي إلى قوانـين فيزيائيـة مختلفة. نتيجـة ذلك: يمكـن لـكل كـون فقاعي نشـأ مـن جراء الانتفاخ أن تكون له، حسب طريقة انحناء مختلف الأبعاد، قوانين فيزيائية خاصـة. يلخص أورلين بارو هذا الوضـع بالقول: "وبالتـالي فالانتفاخ يولّـد أكوانا فقاعية مسـتقلة عن بعضـها البعض تقوم نظرية الأوتار بهيكلتها بناء على قوانين فيزيائية مختلفة". فإذا كان الانتفاخ، كما نتصوره قد حـدث فعلا خـلال الانفجـار الكبير، وإذا كانـت نظريـة الأوتـار تصـف عالمنا بدقة فإنه يصبح من الصعب نكران وجود أكـوان فقاعية التي تعتبر نتيجة رياضـية حتمية لهـذه النظريات. ومـا يدعم ذلك أنها تحّل مسـألة من أعوص مسـائل علم الكون: ما الذي جعـل القوانين الفيزيائية قوانـين محكمـة إلى درجـة سـمحت لها ببروز فيزيـاء وكيميـاء معقدتين نحن في آخر المطاف نتاجها؟ يشـير هنـا أورلين بـارو : "إذا مـا غيرنـا تقريبـا أي عامـل أساسـي في النمـوذج النمطي بمقدار جد صغير فإننا نحصل على كون كئيب، وشبه خال، يتضـمن في أحسـن الأحوال القليل من الغاز والضوء".

فمـاذا بعـد هـذا؟ هـل نحـن مـن الفائزين في لعبة لوطـو كونية؟ الملاحظ أن المعضـلة تحلّ من تلقـاء ذاتها إن كان كوننا مجرد فقاعة من بين عدد غير منته من الفقاعات الأخرى الخاضعة لشروط فيزيائيـة مختلفة : ذلـك أن معظمها هو بالتأكيـد بدون جدوى، أمـا باقيها، ومن بينهـا فقاعتنا، فقد اسـتفاد من ظروف قـادرة علـى إبـراز ملاحظـين أدى بهم ذكاؤهـم إلى الانشـغال بهـا. ومـن ثـم فكوننـا قادر على أن يكون أي شـيء لكنه لا يمكن بـأي حال من الأحـوال أن يكون ممثّلا لجملة الأكـوان المحتملة. ذلك ما يؤكـده الفيزيائي الفلكي برانـدن كارتر (Brandon Carter) بقوة، وهو صـاحب "المبدأ الأنثروبي" الشهير : إذا لم نكن مركـز الكون، بل مركـز الأكوان المتعددة فنحن رغم ذلك نشغل فيه مكانا متميزا، نحن متواجـدون في مكان التعقيدات فيه أمـر ممكـن. إنـه في آخر المطـاف مبدأ وسطي. ذلك أنه إذا كان كوبرنيكوس قد رمى بنا منذ ٥٠٠ سنة خارج مركز العالم فهو لم يعلن أبدا بأننا لا نساوي شيئاً.

في مجلة العلم والحياة SCIENCE & VIE

"لقـد تم لفت انتباه الجمهور العريض منـذ السـنة الماضيـة حـول النظريات النسـبية. يتعلـق الأمـر هنـا بمذهـب بالـغ الجـرأة يزعـزع أفكارنـا حـول بنيـة العـالم، وعواقبه المرتقبة منذ الآن لا تحصى." بهذه



العبـارات قـدم الفيزيائي ليـون بريون Léon Brillouin لأول مـرة علـى صـفحاتنا عـام ١٩٢٢م نظريـة النسـبية العامـة لآينشتاين، وهي أساس علم الكون الحديث. وكانت مجلة "العلـم والحيـاة" تركـز خـلال مـدة طويلة مواضيعها علـى العلوم الهندسية فلم تشـر إلى ملاحظات إدوين هوبل Edwin Hubble بخصـوص ابتعاد المجرات إلا في ديسـمبر عام ١٩٤٦م تحت عنـوان "السُـدم خـارج المجـرة وتوسع الكون".

وكان علينـا انتظـار التسـعينيات مـن القـرن الماضـي وخرائـط الإشـعاع الكـوني



الحفـري لمعرفـة نتيجـة علميـة تعادلهـا من حيـث الأهميـة... فتقاسـمناها مباشـرة مـع قرائنـا (يونيو ١٩٩٢م). وذاك كان أيضـا حال النتيجة الهامة الثالثة : قياس تسارع توسع الكون (آذار ١٩٩٩م). فـ. ج.

(1) VERS UNE AUTRE RÉVOLUTION COSMOLOGIQUE?, S&V, # 1133, February, 2012, pp 104-114.
(2) EMMANUEL MONNIER.

(٣) أستاذ بقسم الرياضيات، المدرسة العليا للأساتذة، القبة، الجزائر.



حيث تنمو المعرفة

www.kacst.edu.sa



السير على سطح القمر أو المريخ؟ هذا أمر تجاوزه الزمن! المغامرة الجديدة الكبرى لوكالات الفضاء هي بلوغ تلك الأجرام الكبيرة التي تسبح في النظام الشمسي. ومن أجلكم استأجرت المجلة رحلة خاصة ... أمستعدون للانطلاق؟

أيتها الكويكبات، نحن لك بالمرصاد![1]

بقلم: فابريس نيكوت [2]
ترجمة: أبو بكر خالد سعدالله [3]



المذنّبات والكويكبات: أسرة جد مشتتة.

أين نعثر على الكويكبات في نظامنا الشمسي؟ لنتجه نحو حزام كويبر Kuiper أو نحو سحابة أوورت Oort !

الأرض – الكويكبات: اصطدامات مخزّنة.

كانت لقاءاتها في كل مرة متفجرة، لكنها ثرية بتداعياتها: لقد كانت سبب نشوء كوكبنا ومحيطاته، وأيضا سببا في انقراض الدينصورات...

٢٠٢٥م، نحو غزو أحد الأجرام.

إنه الهدف المقبل لوكالة الفضاء الأمريكية : إرسال رجلي فضاء إلى الجرم الصغير المسمى 2008 EA9 !

كيف نصطاد كتلة كونية؟

من هذه الأجرام ما هي قطع ضخمة من المعادن النفيسة. وهو ما يثير الأطماع... وكذلك العقول من أجل الوصول إلى الوسيلة التي تسمح باستغلالها.

NICK KALOTERAKIS POUR SVJ

المذنّبات والكويكبات: أسرة جد مشتتة

إننا لا نعثر على الكويكبات والمذنّبات في أي مكان في الفضاء. ذلك أنها موزعة في شكل «أحزمة» أو «سحب» داخل أو حول نظامنا الشمسي، وما ينتظر زيارتنا منها يعدّ بالمليارات.

١

إيتوكاوا ٠٦ Itokawa 06 كويكب من الحزام الواقع بين المريخ والمشتري، زاره عام ٢٠٠٥م المسبار هايابوزا Hayabusa.

ISAS / JAXA

S.JUNGERS

١- حزام الكويكبات

هنالك بين المريخ والمشتري تتمركز أكبر مجموعة من الكويكبات التابعة لنظامنا الشمسي. تصوروا أن بالإمكان عَدّها: لقد تم تعداد حتى اليوم أكثر من ٥٥٣٠٠٠! وهي بالملايين... بينما لا ندرك إلا تلك التي تتجاوز أقطارها بعض الكيلومترات. مثال ذلك سيريس Ceres، وهو الأكبر – بقطره البالغ ٩٥٠ كلم، ويدعى "الكوكب القزم" حتى إن كان أقل من ثلث القمر بقليل – أو بالاس Pallas (٥٠٠ كلم). هناك نحو ألف كويكب تتجاوز أقطارها ٣٠ كلم، لكن بعد هذه الفئة تصبح تلك الكويكبات صغيرة جداً: فتات، بمعيار سلم نظامنا الشمسي! لكن، كيف وصل هذا الفتات إلى هنا؟.

من الناحية النظرية يبدو أن صدمة من المشتري (الكوكب الغازي العملاق، وليس إلاه الرومان "جوبيتير") هي المتسببة في ذلك بتأثيره الجاذبي القوي (تفوق كتلته ٣٢٠ مرة كتلة الأرض). فالظاهر أن المشتري قد حال منذ ٤,٥ مليار سنة دون أن تتجمّع الكويكبات وتشكل كوكبا. ولما كان هذا الكوكب يثير الفوضى بشكل منتظم في مدارات هذه الأجسام الصغيرة فقد تسبب في سلسلة من الاصطدامات المتعاقبة أدت إلى تفتيتها إرباً إرباً.

وهكذا نجد تلك الكويكبات في أشكال مختلفة، من الدائرية إلي أشكال غريبة كحبات البطاطس، ونجدها أيضا بمختلف الألوان. واللون الغالب هو الرمادي، ويمتد من الناصع إلى الداكن الشديد، بينما يميل بعضها إلى اللون البنّي. وهذا مرتبط بتركيبها فمعظمها صخري أو معدني (والحديد هو الغالب فيها). هناك ملايين الأجسام من كل الأحجام ومن كل الأشكال: نجد مجموعة كبيرة بين المريخ والمشتري حتى أننا نتساءل كيف تمكنت المسابير من اجتياز مثل تلك العقبات وبلوغ المشتري وزحل والكواكب التي تليها... لكن تذكروا أن مجموعة كل هذه الكويكبات لا تتجاوز كتلتها ٥٪ كتلة القمر.

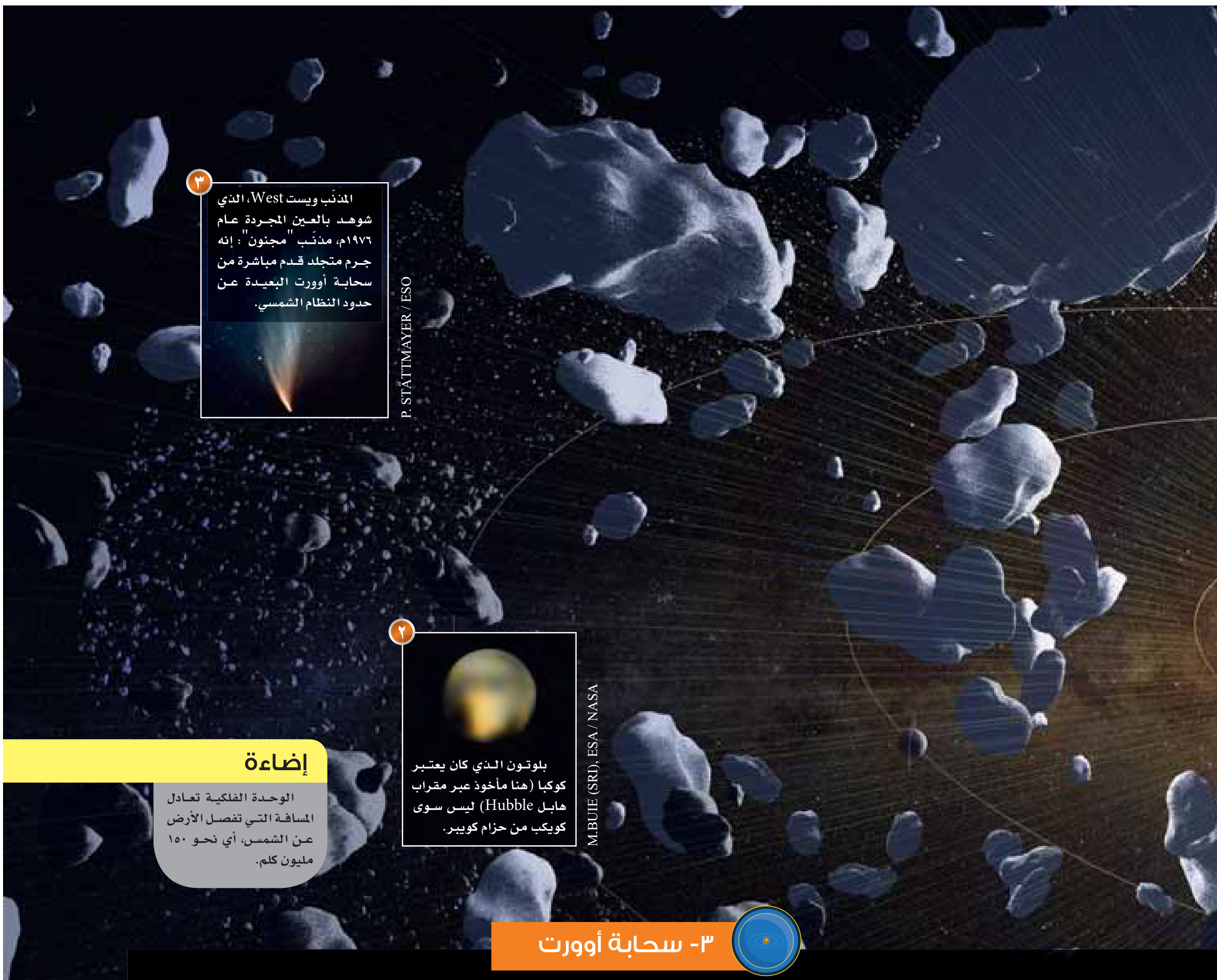
وعلى عكس القمر الذي يبلغ قطره ٣٥٠٠ كلم فإن الكويكبات منتشرة في الفضاء وتفصلها مسافات معتبرة: فالحزام له شكل عوامة عملاقة لا يقل قطرها عن ٨٠٠ مليون كلم... ومن ثم ندرك كيف نستطيع بكتلة بهذا الصغر وفي هذا الحجم المترامي الأطراف عبور الحزام باطمئنان ونحن مغمضو الأعين!.

٢- حزام كويبر

تبدأ مملكة كويبر (نسبة إلى الفلكي الهولندي جيرارد كويبر الذي خصص جزءا من أعماله خلال الفترة ١٩٤٠-١٩٥٠م للبرهان على وجود كويكبات تقع في حدود نظامنا الشمسي) وراء كوكب نبتون، على بعد ٤,٥ مليار كلم من الشمس. فهذا إذن حزام آخر من الأجرام، لكنها هذه المرة أجسام كلها مجمدة، وفي معظم الأحيان أكبر من تلك الموجودة في حزام الكويكبات- ذلك أنها لم تخضع لتأثير كوكب المشتري المدمّر. هناك عدة ملايين من هذه الأجرام التي لها أقطار تتجاوز ١٠٠ كلم.

وأشهرها هو بلوتون، الذي كان يشغل المرتبة التاسعة في النظام الشمسي، ويبلغ قطره ٢٣٠٠ كلم. وفي عام ٢٠٠٥م تمكن الفلكيون من التعرف على إيريس Eris، وهو أكبر من السابق (قطره ٢٤٠٠ كلم)، لكن موقعه أبعد من بلوتون مما جعل المقاريب لا تصل إليه حتى ذلك التاريخ. تندرج بلوتون وإيريس -شأنهما شأن سيريس وبعض الكواكب أخرى- ضمن قائمة ما يسمى

DIDIER FLORENTZ POUR SVJ



P. STÄTTMAYER / ESO

٣ المذنَب ويست West، الذي شوهد بالعين المجردة عام ١٩٧٦م، مذنَب "مجنون": إنه جرم متجلد قدم مباشرة من سحابة أوورت البعيدة عن حدود النظام الشمسي.

M.BUIE (SRI), ESA / NASA

٢ بلوتون الذي كان يعتبر كوكبا (هنا مأخوذ عبر مقراب هابل Hubble) ليس سوى كويكب من حزام كويبر.

إضاءة

الوحدة الفلكية تعادل المسافة التي تفصل الأرض عن الشمس، أي نحو ١٥٠ مليون كلم.

بالكواكب القزمة.

غير أن هذا الحزام مليء بأجسام أصغر حجما ومجمدة هي أيضا. ومن حين لآخر، وبمناسبة حدوث اصطدام، أو نتيجة لتأثير جاذبية كوكب قزم ينفصل أحدها ليقترب من الشمس. وتتم هذه الهجرة وفق مراحل متعاقبة: يتوقف الكويكب في عدة محطات شبيهة بـ"مساحات التخزين". ويتحول الجليد الذي يحتويه فينتقل مباشرة من الحالة الصلبة إلى الحالة الغازية: وهكذا يتزيّن الجرم المجمد بذنَب أبيض رائع. ذلك هو المذنَب! يدور هذا الجميل حول الشمس قبل أن يعود إلى حزام كويبر. ويسود الاعتقاد أن الـ ٢٥٠ مذنَبا التي تظهر للعيان، مثل مذنَب هالي Halley – كل قرنين على أكثر تقدير- مذنَبات قادمة من هناك.

٣- سحابة أوورت

سحابة؟ غريبة هذه السحابة!

يتعلق الأمر في الواقع بفقاعة ضخمة تشمل كامل النظام الشمسي. لكنه من غير المجدي رفع العينين إلى السماء لأنه لا يمكن مشاهدتها. تقع هذه الفقاعة بعيدة جدا عن الشمس بحيث أننا لا نعدّ ابتعادها بملايين الكيلومترات بل بالوحدات الفلكية (التي يرمز لها و.ف. AU). تبدأ سحابة أوورت على بعد ١٠٠٠٠ وحدة فلكية وتنتهي بنحو ١٠٠٠٠٠ وحدة فلكية. إنها مسافة معتبرة: إذ تمثل نصف المسافة التي تفصلنا عن أقرب نجم، وهو رجُل القنطور Alpha Centauri.

وكما هو الشأن بالنسبة لحزام كويبر فإن سحابة أوورت يبدو أنها مشكَّلة من قطع صخرية مغلّفة بالجليد. لكن التحفظ هنا واجب: فلا أحد شاهد هذه السحابة لحد الآن، حتى بالمقراب. إنها سحابة جدّ بعيدة وبالغة الظلمة.

فكيف إذاً علمنا بوجودها؟ لأن هناك مذنَبات "مجنونة" تعبر بانتظام نظامنا الشمسي... "مجنونة" لأنها تقترب منا دون سابق إنذار، وهذا خلافا للمذنَبات المنتظمة في حزام كويبر. والسبب يعود أيضا إلى كونها غير موجودة في المستوى الذي يسبح فيه كل النظام الشمسي: الشمس والكواكب والكويكبات ومذنَبات كويبر كلها مصطفة كالكريات الموضوعة على سطح قرص ولا يمكنها التحرك إلا على هذا القرص. أما المذنَبات المجنونة فيمكنها أن تأتي من الأعلى أو من الأسفل أو جانبيا ... بل من أية جهة كانت.

ذلك ما جعل الفلكي الهولندي يان أوورت Jan Oort منذ ١٩٥٠م يسلّم بفرضية وجود خزان من المذنَبات تغمر كل النظام الشمسي. ويقدر عددها بألف مليار، على الأقل، بكتلة تعادل تقريبا مرتين كتلة الأرض. ومن حين لآخر، وتحت التأثير الجاذبي لكوكب واقع خارج نظامنا الشمسي، ينفصل أحدها و"يسقط" في اتجاه الشمس. وبنفس كيفية مذنَبات كويبر فهي تنشر خيوطها الطويلة الضبابية ملتمسة دفء نار نجمنا الشمس ...



الأرض-الكويكبات: اصطدامات مخزّنة

لكوكبنا تاريخ مشترك طويل مع الكويكبات مليء بالتصادمات، بعضها مفيد والبعض الآخر مدمّر. هناك خمس محطات طبعت هذه العلاقة المتقلبة... والتي لن تنتهي غداً!.

المحطة ١

ميلاد كوكب الأرض

كانت السماء منذ ٤,٥ مليار سنة تمطر على الأرض كويكبات. لكن بفضلها أصبح كوكبنا ما هو عليه الآن! تسمى هذه الظاهرة التعاظم (أو التنامي) Accretion.

في الأصل، لم يكن النظام الشمسي سوى قرص غازي يحيط بالشمس. وشيئا فشيئا تكثّف هذا الغاز فصار حصى مادية صغيرة، ثم تجمّعت لتصبح حجارة، ثم كويكبات. ولما كانت كتل الأجسام متجاذبة فإنها تتصادم ويذوب بعضها في البعض الآخر مكوّنةً بذلك نوى كوكبية planetesimal، وهي كائنات كروية أقطارها تقدر ببعض الكيلومترات تتمدد باستمرار. وبالنسبة للأرض لم يدم تعاظمها أكثر من نحو مائة مليون سنة، لكن الظاهرة لم تتوقف أبدا. فالنيازك التي غالبا ما تكون صغيرة الحجم ما انفكت تقصفنا بدون توقف. وهكذا فكوكبنا يزداد كل سنة بـ ٤٠٠٠٠ طن.

المحطة ٢

وصول الماء

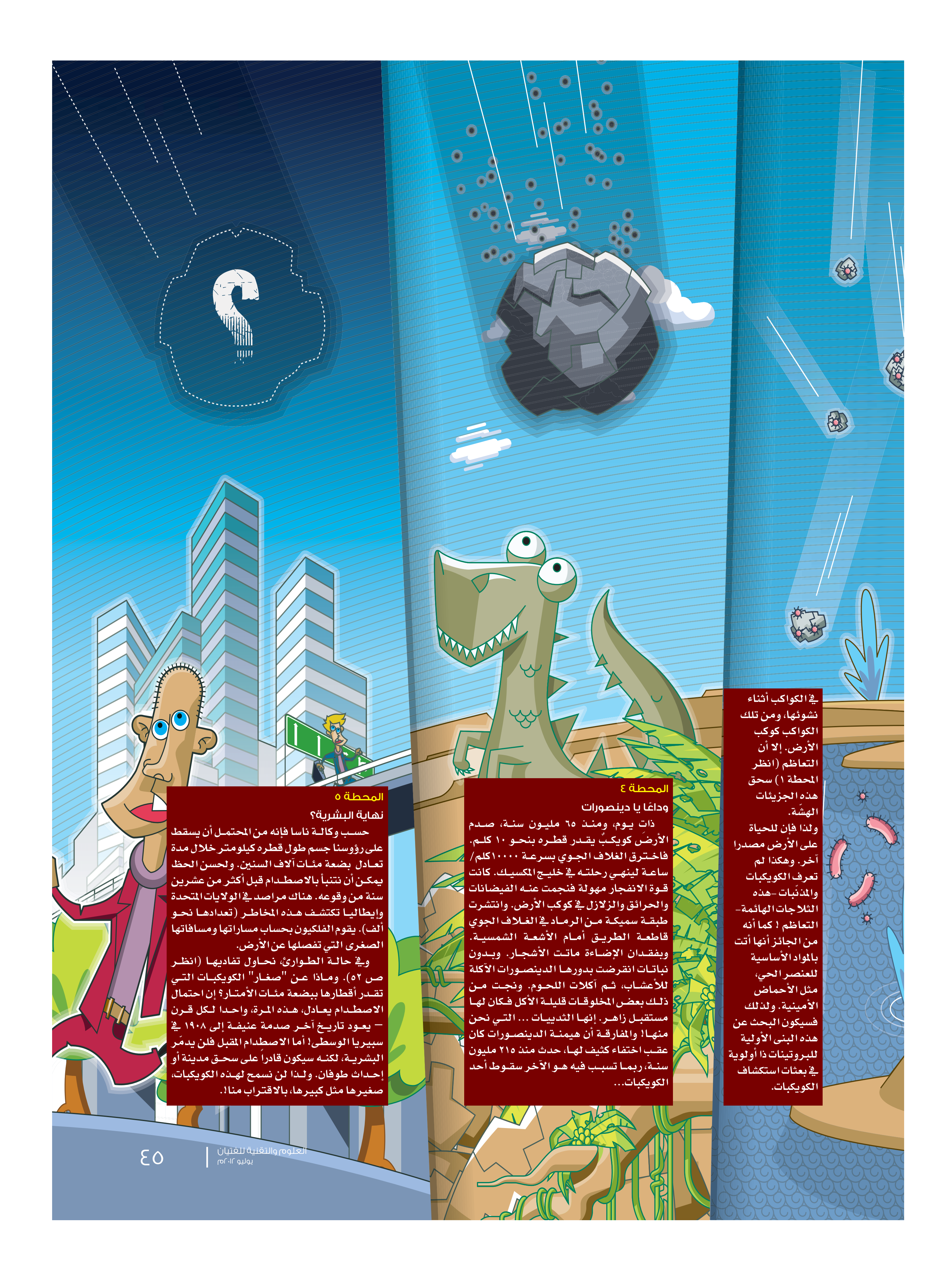
ظهر الماء حسب علماء الفيزياء الفلكية بعد خلق الأرض بعدة ملايين من السنين. يبدو أنها نزلت من السماء وذلك من خلال أمطار... من الكويكبات والمذنّبات! والبعض من النيازك التي قصفت كوكبنا -النيازك الحجرية المُكَرْبَنة- هي فعلا غنية جدا بجليد الماء. ولا شك أن المذنّبات القادمة من حزام كويبر أسهمت أيضا في ري الأرض. وفي البداية، من المحتمل أن كل هذه المياه كانت في شكل بخار عبر الأجواء.

وكلما هدأ القصف زادت برودة الأرض. وشكّل البخار سحبًا ضخمة ... ثم تبدأ الأمطار في التهاطل. ودامت هذه الأمطار ملايين السنين فتولدت عنها المحيطات منذ قرابة أربعة مليارات سنة.

المحطة ٣

لبِنات الحياة

لا شك أن الكويكبات أتت للأرض بما يحتاج إليه بناء الحياة. من أوكسيد الكربون، والأمونياك... إذ أن الكثير من الجزيئات العضوية (العناصر الأساسية للمادة الحيّة) اكتشفت في الفضاء ضمن سحب من الجزيئات شبيهة بتلك الموجودة أصلاً في نظامنا الشمسي. ومن ثم يبدو أن جزيئات عضوية قد حوصرت



في الكواكب أثناء نشوئها، ومن تلك الكواكب كوكب الأرض. إلا أن التعاظم (انظر المحطة ١) سحق هذه الجزيئات الهشّة.
ولذا فإن للحياة على الأرض مصدرا آخر. وهكذا لم تعرف الكويكبات والمذنّبات -هذه الثلاجات الهائمة- التعاظم ! كما أنه من الجائز أنها أتت بالمواد الأساسية للعنصر الحي، مثل الأحماض الأمينية. ولذلك فسيكون البحث عن هذه البنى الأولية للبروتينات ذا أولوية في بعثات استكشاف الكويكبات.

المحطة ٤

وداعًا يا دينصورات

ذات يوم، ومنذ ٦٥ مليون سنة، صدم الأرضَ كويكبٌ يقدر قطره بنحو ١٠ كلم. فاخترق الغلاف الجوي بسرعة ١٠٠٠٠كلم/ساعة لينهي رحلته في خليج المكسيك. كانت قوة الانفجار مهولة فنجمت عنه الفيضانات والحرائق والزلازل في كوكب الأرض. وانتشرت طبقة سميكة من الرماد في الغلاف الجوي قاطعة الطريق أمام الأشعة الشمسية. وبفقدان الإضاءة ماتت الأشجار. وبدون نباتات انقرضت بدورها الدينصورات الآكلة للأعشاب، ثم آكلات اللحوم. ونجت من ذلك بعض المخلوقات قليلة الأكل فكان لها مستقبل زاهر. إنها الثدييات ... التي نحن منها! والمفارقة أن هيمنة الدينصورات كان عقب اختفاء كثيف لها، حدث منذ ٢١٥ مليون سنة، ربما تسبب فيه هو الآخر سقوط أحد الكويكبات...

المحطة ٥

نهاية البشرية؟

حسب وكالة ناسا فإنه من المحتمل أن يسقط على رؤوسنا جسم طول قطره كيلومتر خلال مدة تعادل بضعة مئات آلاف السنين. ولحسن الحظ يمكن أن نتنبأ بالاصطدام قبل أكثر من عشرين سنة من وقوعه. هناك مراصد في الولايات المتحدة وإيطاليا تكتشف هذه المخاطر (تعدادها نحو ألف). يقوم الفلكيون بحساب مساراتها ومسافاتها الصغرى التي تفصلها عن الأرض.

وفي حالة الطوارئ، نحاول تفاديها (انظر ص ٥٢). وماذا عن "صغار" الكويكبات التي تقدر أقطارها ببضعة مئات الأمتار؟ إن احتمال الاصطدام يعادل، هذه المرة، واحدا لكل قرن – يعود تاريخ آخر صدمة عنيفة إلى ١٩٠٨ في سبيريا الوسطى! أما الاصطدام المقبل فلن يدمّر البشرية، لكنه سيكون قادراً على سحق مدينة أو إحداث طوفان. ولذا لن نسمح لهذه الكويكبات، صغيرها مثل كبيرها، بالاقتراب منا!.

٢٠٢٥م، نحو غزو أحد الأجرام

إن البعثة الفضائية المأهولة المقبلة لوكالة ناسا ليس هدفها القمر أو المريخ، بل هدفها كويكب صغير قطره يبلغ بعض الأمتار. وحتى يطأ رجال الفضاء هذا الكويكب عام ٢٠٢٥م فلا بد من تخطي بعض العقبات التي لا زالت قائمة.

يقترب تاكويا أونيشي Takuya Onishi من هدفه بكل هدوء. هناك حبل لا يبعد عنه أكثر من بضعة أمتار ممتد بين مرساتين مثبتتين في الأرض. وهناك زرّ! عندما يضغط عليه فكأن رجل فضاء وكالة ناسا قد وطأ الكويكب. ولا مجال للتوقف عند هذا الحد : لأن الرجل سيقفز من جديد في الفضاء. ذلك أن الجاذبية التي يؤثر بها هذا الجسم -المقدر قطره ببضعة عشرات الأمتار- ضعيفة جدا ليشد الإنسان إليه.

وهكذا يقوم تاكويا بشد حزام عِدّته بالحبل. ثم يتأكد من المرساتين بِجذبهما قليلا. إنهما مُحكمتان! لقد



J.BLAIR / NASA

قام رفقاؤه بعمل جيد. وقبل ساعات كانوا قد نصبوا شبكة من الحبال على مساحة تقدر بعشرات الأمتار المربعة. وهذا حتى يتمكنوا من قطع مسافاتها باتباع الحبال كما هو حال متسلقي الأشجار باستخدام الحبال. يُخرج الآن تاكويا مِمشاطا صغيرا لجمع العيّنات دون أن يفقد التركيز رغم جحافل السمك المتعدد الألوان التي تتعاقب أمام عينيه...

وللأسف فإن الكويكبات لا تأوي أي نوع من سمك الفضاء. والواقع أن المشهد الذي وصفناه آنفا جرت أحداثه على سواحل جزيرة كاي لارغو Key Largo في فلوريدا بعمق ١٥٠ مترا. ففي أكتوبر ٢٠١١م، وعلى متن الغواصة الصغيرة أكواريوس Aquarius كان هناك أربعة من "رجال ماء" "aquanauts" قاموا بمحاكاة عدة أدوار لبعثات حول أحد الكويكبات.

يتدرب رجال الفضاء على حالة التحرك فوق سطح الكويكبات وذلك تحت الماء بعمق ١٥٠ مترا أو في ظروف الواقع الوهمي.

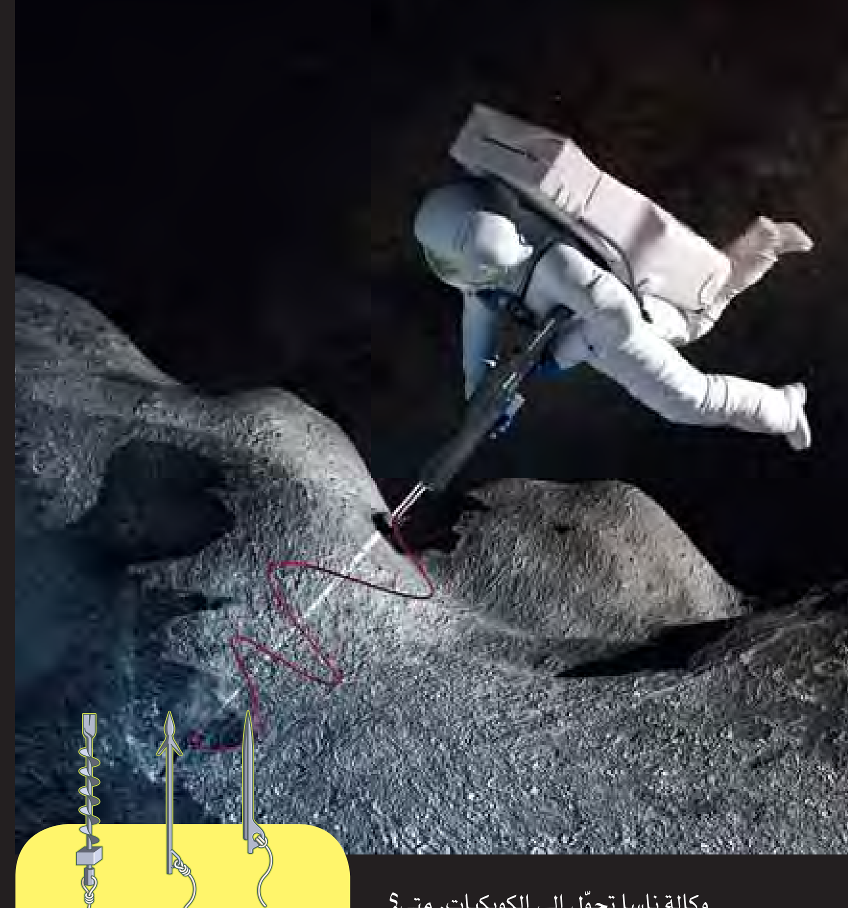
NASA



مهمة سياسية أكثر مما هي علمية

لقد أعيد تشكيل "سطوح كويكبات" مختلفة في قاع البحر. وفي الواقع ليس هناك سوى أكوام بسيطة من الصخور والرمال. وبذلك تمكن الفريق من اختبار عدة كيفيات إرساء على السطح، وكذا تقنيات تحرك متنوعة. فالماء يحاكي فعلا حالة غياب الجاذبية!.

وفي يناير الماضي أعيدت المحاكاة: تم أداء مهمة تحضيرية في صحراء نيفادا الأمريكية. وفي موقع من مواقع تدريب وكالة ناسا قام رجال فضاء انطلاقا من نسخة لسفينة فضائية "بالاقتراب" من كويكب، ثم إنجاز طلعات في الفضاء... ليس هناك مسبح هذه المرة : كل ذلك كان تحاكيا من خلال الحاسوب. لماذا تعاقبت الأحداث بتلك السرعة؟ لأن اهتمام



اختيار الأسلحة:
أشكالها مثل ساحب السدادة (لتثبيت كويكب حبيبي) أو خطاف (للصخور) أو رزة (لنواة معدنية).

وكالة ناسا تحوّل إلى الكويكبات. متى؟ عام "٢٠٢٥م" حسب تصريح رئيس الولايات المتحدة باراك أوباما عام ٢٠١٠م.

وسأل عملاق الطيران لوكهيد مارتن Lockheed Martin، مصنّع الصواريخ والسفن الفضائية: "لِمَ لا ٢٠١٩م؟" يا للعجب! ففي الوقت الذي تفرض فيه الأزمة المالية قيودها، ها هي وكالة ناسا تبحث في ما تبقى من حساباتها البنكية وتعود اليوم إلى الرحلات المأهولة. وذلك على الرغم من أن الروبوتات كافية لاستكشاف هذه الكويكبات بتكلفة أقل بألف مرة...

إضاءة

الجاذبية هي قوة الجذب التي يمارسها الكوكب. وشدتها تتعلق بكتلة الكوكب: وهكذا نجد جاذبية القمر أقل بست مرات من جاذبية الأرض.

والواقع أن السبب الرئيس في ذلك سبب سياسي: ما الذي يرفع سمعة بلد أكثر من إرسال رجال فضاء ينصبّون العلم الوطني في عوالم أخرى! ما الذي يشدّ الجماهير ويجعل رجل الشارع يتذوّق ما يدور في دنيا الفضاء؟ إنكم لم تكونوا قد ولدتم عام ١٩٦٩م، لكنكم لا شك تحتفظون في ذاكرتكم بصور نيل أرمسترونغ Neil Armstrong وهو يسير على سطح القمر. تلك كانت لحظات مجد أمريكي سجلت في ذاكرة الإنسانية! ذلك ما يغذي حلم أوباما: الحلم بلحظات تاريخية أخرى. لكن إذا كان الهدف كذلك فلماذا نستهدف الكويكبات؟ لماذا لا نعود إلى القمر؟ آه، لأن القمر ليس بجديد. يمكن أن نفكر على الأقل في بناء قاعدة دائمة على القمر لنسجل بذلك حدثا عظيما، لكن عليكم تخيّل الفاتورة. إذاً، لِمَ لا المريخ؟ حتى لو كان المريخ أقرب كوكب يمكن زيارته فإنه بعيد جدا وتصميم سفينة قادرة على النزول فوقه ... ثم الإقلاع

"عجين لصنع الكواكب" مجمد منذ ٤,٥ مليار سنة!

استكشاف الكويكبات هو العودة بالزمن إلى الوراء. ذلك أنها تمثل بقايا "العجين" الذي منه تشكلت الكواكب. لقد سمحت العينات التي تم جمعها عام ٢٠٢٥م باكتشاف مكوناتها. لكن هذه المعلومات مرتبطة بالجرم الذي وقع عليه الاختيار لأن الخليط صمم تقريبا حسب نوع الكويكب...

في البداية كان عجين الكواكب مكونًا من أغبرة وصخور صغيرة تحوم حول الشمس. ثم تجمّعت تدريجيا مشكّلة بذلك "تكتلات" خلال العملية المسماة "تعاظم". وأكبر هذه التكتلات شكلت الكواكب. لكن تكتلات أخرى لم تواصل تعاظمها قبل بلوغ هذه المرحلة بسبب غياب المواد بالقرب منها أو لأنها منعت من ذلك من خلال تأثير جاذبية للمشتري: لقد شكّلت تلك التكتلات مجموعة الكويكبات. وأبرزها أشبه بالكواكب البالغة الصغر ذات النوى المعدنية المغلّفة بالصخور (السيلكات الشبيهة بالتراب). أما البقية فأكثرها أصغر حجما ولها شكل حبات بطاطس كبيرة مشكلة من بعض القطع الصخرية المجمّعة، إذ لم تصل حتى إلى مرحلة الشكل الكروي. وأخيراً، نجد فئة أصغر حجماً ظلت تقريباً كما كانت في بداية نشوء النظام الشمسي: إنها عموما صخور غنية بالكربون وببعض المعادن.

منه مكلف جداً !.

أما الكويكبات، وبجاذبيتها البسيطة، فهي لا تطرح مثل هذه المشاكل. وحتى إن كان معظمها يقع وراء مدار المريخ فبعضها أقرب بكثير لكوكب الأرض. ومنذ نهاية التسعينيات من القرن الماضي تم اكتشاف نحو ٨٠٠٠ كويكب تخترق مسار كوكبنا وأقطارها متفاوتة، تتراوح من بضعة عشرات الأمتار إلى عديد الكيلومترات. ولذا فالمسافة التي نقطعها لبلوغها ليست معتبرة، سيما أننا سنستفيد من سرعة دوران الأرض حول الشمس. وحتى ندرك ذلك نتخيّل قطارين انطلقا في نفس الاتجاه، وعلى سكك متقاربة بسرعة ٣٠٠ كلم/ساعة. القفز انطلاقا من ربوة لركوب أحد القطارين وهو يسير أمر مستحيل. لكن إذا كنتم على متن أحدهما فيكفي أن "تقفزوا" منه نحو القطار الآخر دون الحاجة إلى دخول سباق بسرعة ٣٠٠كلم/ساعة.

تلك هي الفكرة التي كانت لدى لوكهيد مارتن في تصور بعثة بلايموث روك Plymouth Rock. يعتزم المهندسون إطلاق السفينة أوريون Orion يوم ١٨ نوفمبر ٢٠١٩م في اتجاه كويكب صغير يتراوح طوله بين ٨ و ١٢ مترا يسمى 2008 EA9. ففي ١٨ فبراير ٢٠٢٠م تصل السفينة الفضائية إلى محيط الكويكب. وخلال خمسة أيام يتناوب رجلا الفضاء في جمع عينيات من الصخور. وفي ٢٣ فبراير تكون العودة إلى الأرض. وتنتهي العربة الفضائية في المحيط يوم ٣١ مايو ٢٠٢٠م. تلك هي نهاية رحلة تدوم ١٩٥ يوماً وستنقل رجلي الفضاء إلى مسافة ١٢ مليون كلم عن الأرض، وهي مسافة تزيد بـ ٣٢ مرة عن المسافة التي تفصلنا عن القمر.

DIDIER FLORENTZ POUR SVJ

١٩٥ يوماً داخل سيارة تخييم (كَرَفان).

إنه مجرد حلم. لا شك أن هذه المهمة ستتحقق في مستقبل قريب، لكن بالتأكيد أن ذلك لن يكون سنة ٢٠١٩م. هناك العديد من العقبات لا بد من تخطّيها قبل ذلك التاريخ! يكفي أن ننظر إلى المدة : ١٩٥ يوماً. رحلات أبوللو Apollo نحو القمر لم تدم سوى ثمانية أيام. ومن ثمّ كيف يمكن للإنسان تحمل العيش قرابة سبعة أشهر محبوسا في مساحة ١٠ أمتار مكعبة، وهي ما توفره سفينة لوكهيد مارتن؟ وهذا كما لو كان على شخص قضاء ثلاثة أرباع سنة شمسية مقفل عليه صحبة صديقه في سيارة تخييم. لكن، مرحبا بهذا الجو البهيج! يجب التأكد من أن لا أحد من رجال الفضاء



سيصاب بانهيار عصبي. ولذلك يتحتم على المهندسين أن يتفحصوا نتائج التجربة "المريخ ٥٠٠" (انظر مجلة العلم والحياة، عدد ٢٥٩) التي حاكت رحلة نحو المريخ. ففيها ظلّ فريق من ستة أفراد محبوسين خلال ٥٢٠ يوما. وانتهت التجربة خلال شهر نوفمبر الفارط. يبقى أن نستخلص منها العبر ثم نكيّفها. ذلك أن المكان المتوفر لهم كان أوسع مما سيكون متاحا في سفينة أوريون المقبلة.

ثم إن مثل هذه الرحلة تتطلب عُدّة كبيرة. وهذه العدّة ليست بدلات سهرة لرجال الفضاء بل يتعلق الأمر بأدنى ما يجب أن يتوفر لدى هؤلاء ليظلوا على قيد الحياة! وهكذا فإن قضاء ١٨٠ يوماً في الفضاء من قبل رجلين يستوجب ١٠٣٧ كلغ من الماء و٨٦ كلغ من النيتروجين و ٤٨٩ كلغ من الأكسجين و ٤٥٠ كلغ من الغذاء، علما أن إرسال أدنى كيلوغرام إلى الفضاء يكلّف مبلغا معتبراً : ١٠ آلاف يورو، في أقل تقدير. هنا أيضاً لا بد من إيجاد الوسائل لتخفيف الوزن ببعض الكيلوغرامات لتخفيض الفاتورة. والسؤال هو: نقتصد في ماذا؟ في الغذاء؟ ورجلاَ الفضاء الأسيران ليس لهما حتى وسائل ترفيهية كثيرة ولا ما يحسّنون به قضاء يومهم...

وأخيرا، وهذا من الأهمية بمكان،



المركبة أوريون خلال اختبار إبحارها.

ينبغـي الوقايـة مـن أكـبر المخاطـر: الشمـس. فنجمنا يبـث بصفة منتظمة مجموعات من الجسيمـات الغنية جدا بالطاقـة. لكن هـذه الجسيمات عندما تلتقي بخلايا حية فإنها تؤثر عليها. وهو مـا يعرّض مباشرة لمرض السرطان. أمـا على الأرض فتلك الأشعـة يوقفها الغـلاف الجـوي. وعندما يكـون رجال الفضـاء في السمـاء فسيصبحـون العرضـة الأولى لهذه الأشعة. وبطبيعة الحال من الممكن الوقاية منها بتصفيح السفينـة بالرصاص مثـلا. لكن ذلك يزيـد في وزن المجموعـة وتكون تكاليف الإقلاع باهظة.

روبوتات لاختبار الأرضية

كيف نجعـل السفينة في أفضل حال حتـى نحسن حمايتها مـن الأشعة؟ من المؤكـد أن شغـلا شاقا في هـذا السياق ينتظـر المهندسين. لكـن لحسن الحظ أنهـم لا ينطلقـون من نقطـة الصفر. ذلـك أنـه ليس مـن محض الصدفة أن يقـترح لوكهيـد مارتـن فكـرة بعثة بلايمـوث روك علـى وكالـة ناسـا منذ ٢٠١٠م. فهم يمتلكون المركبة الفضائية تقريبـا! وحتى نفهم ذلك نعود إلى سنة ٢٠٠٤م.

أطلـق الرئيس جـورج بوش برنامج "كوكبـة" Constellation الذي سيعيد الأمريكيين إلى القمر عام ٢٠٢٠م على متن سفينة فضائية من صناعة لوكهيد مارتـن. ومـا اسمهـا؟ اسمهـا أوريون Orion. غـير أن أوبامـا ألغـى عـام ٢٠١٠م ذلك البرنامـج: إنه جد مكلف بالنسبة إلى طموحاته المتواضعة. إذن، وداعًـا للقمـر. ومرحبـا بالكويكبـات! وهكـذا كان الأمـر. يقـوم مهندسـو لوكهيـد مارتـن بتكييف المركبـة لتكون مؤهلـة لرحلة أطول. هنـاك حاجة إلى مكان أوسع؟ لا مشكل في ذلك، إذ يكفي ربـط عربتـين من طـراز أوريـون فيما بينهما! وهكذا فالدراسات التي أجريت منذ ٢٠٠٤م لتصميم المركبة لن تذهب سدى... ويمكن أن نأمل في توفر مركبة جاهزة عام ٢٠٢٥م.

لكـن قبل ذلـك، لا شك أنـه ينبغي إرسـال روبوتات للاستكشـاف. هناك صـور عديـدة لكويكبـات متوفـرة لدى

> **كويكبات كلها جد مختلفة عن بعضها البعض**

الفيزيائيـين الفلكيـين مأخـوذة خلال مختلـف البعثـات (مثـل هايابـوزا Hayabusa وروزيتـا Rosetta، إلخ.) تبـين أن لا تشابـه بين الكويكبـات: إنه يستحيل تطبيق نفس العبر المستخلصة من تلك البعثـات على أجسـام أخرى. ولـذا يجـب الذهـاب إلى عـين المكان قبـل إرسال أي فريق. ومـا يدعم ذلك أن الأجـرام الصغـيرة (أقطارهـا أقل مـن ١٠٠ متر) لهـا عادة سيئـة تتمثل



مهمة مبرمجة زمنياً بدقة بالغة

تقضي الأرض مدة أقل من الكويكب خلال دورانها حول الشمس. ولذا فسوف تلتحق به، وهو ما يسهل عملية الاقتراب من الكويكب. تنطلق المركبة أوريون من الأرض في الوقت الذي ما يزال فيه الكويكب بعيدا أمامه (١). عندما تصل المركبة الفضائية إلى هدفها يكون كوكبنا ما يزال في الخلف (٢). ينطلق رجال الفضاء نحو الأرض عندما تكون أقرب ما يمكن من الكويكب (٣). ينبغي ألا يكون هناك تأخر. ولولاه لبدأ كوكبنا في تعميق فارق المسافة، وقد يتسبب كل طارئ في إطالة طريق العودة فيحول دون وصول رجال الفضاء إلى الأرض بعد ١٩٥ يوماً من تاريخ مغادرتهم لها (٤).

في كونها سرعان ما تدور حول نفسها إذ تصل أحيانا إلى دورة كاملة في أقل من دقيقة. والمشكل هنا أن هذا السلوك من الصعب استكشافه انطلاقا من الأرض... وعليه لا بد من التأكد من أننا لا نرسل رجال الفضاء على طبل آلة غسيل عملاقة، وهو في حالة دوران سريع لعصر الملابس!.

ثم إن تركيبة سطح الكويكبات تظل لغزا. يمكن أن تكون في شكل رمال، لكن بأية كثافة؟ فذاك يتوقف على حجم الحبيبات وتماسكها... وبعد ذلك يجب مراعاة الضعف الكبير للجاذبية: كيف يمكن أن تنزلق تلك الحبيبات فوق بعضها البعض في غياب الجاذبية؟ لعلكم تعتقدون أن هذه التساؤلات مجرد تفاصيل؟ لا، أبدا! التشبث بالكويكب أمر أساسي للتنقل دون أن يُقْذَف بنا في الفضاء. سيكون رجال الفضاء سيئي الحظ إذا قفز خطّافهم ثانيةً على السطح بدل الانغماس فيه، أو على العكس من ذلك إذا ما انغمس كما ينغمس في قطعة من الزبدة ثم ينسلّ منها. ولذا يقوم المهندسون في المخبر، منذ الآن، باختبار مختلف أنماط المراسي: الرزّة، الخطّاف، أدوات تشبه ساحبات السدادات (انظر الرسم، ص ٤٧)... لكن لا شيء يعوّض الاختبارات في بيئتها الطبيعية.

ولهذا الغرض تحضر الآن ثلاث بعثات روبوتية نحو الكويكبات. فقد أعطت وكالة ناسا ضوءها الأخضر لمشروع أزيريس-ريكس Osiris-Rex. وهذه البعثة مبرمجة لعام ٢٠١٦م من أجل أن تأتي إلى الأرض محمّلة بعينات من الجرم المدعو 1999 RQ36. ومن جهة أخرى، فالوكالة الفضائية الأوروبية على وشك اختيار بعثة ماركوبولو-ر MarcoPolo-R للقيام بنفس المهمة (الانطلاق سيكون عام ٢٠٢٢م). كما تفكر الوكالة الفضائية اليابانية في بعثة هايابوزا-٢ Hayabusa-2 على أن يكون الانطلاق عام ٢٠١٤م.

وبذلك فلا شك أن المعارف في دقائق الكويكبات ستسجل قفزة عملاقة. تلك هي أخبار سارة في موضوع الزيارة المقبلة... شريطة أن تحافظ الولايات المتحدة على جهودها بالتعاون مع وكالتي الفضاء الأوروبية واليابانية. إن تكاليف مثل تلك الرحلة صعبة التقدير، غير أننا نستطيع القول إنها تضاهي ١٠ مليارات يورو. وهذا يعادل برنامج أبولو الذي أنجز خلال الستينيات. وعليه ينبغي أن نتحلى بنفس الإرادة إذا ما رغبنا في أن نرى الإنسان يفرّ مجددا من مهده، الأرض، لمدة بضعة شهور.

الشكر لبتريك ميشال Patrick Michel، الفيزيائي الفلكي بمرصد كوت دازير Côte d'Azur (فرنسا) التابع للمركز القومي للبحث العلمي (CNRS).

كيف نصطاد كتلة كونية؟

هناك بعض الكويكبات تحتوي في حشاياها أطنانا من المعادن النادرة والنفيسة! ولذلك فإن العلماء يبحثون عن الوسائل لاقتناصها حتى يستغلوا ثرواتها...

العملية نيوشيلد NEOShield. إنه اسم وقْعُه في الإذن مثل وقْع عنوان فيلم في علم الخيال بنكهة هوليوودية. والسيناريو ليس بعيداً عن ذلك : فالأمر يتمثل في توجيه قذيفة بسرعة كبيرة نحو الكويكبات لتنحرف! وهذا بطبيعة الحال من أجل حماية الأرض. لكن أيضا، وهذا هو الأغرب، بهدف جلب تلك الأجسام نحو كوكبنا... وجعلها تدور وفق مدار يحيط بالأرض كما لو كانت تلك الكويكبات أقماراً صغيرة!.

وهذا من شأنه أن يسمح لنا بوضع أيدينا حقا على كنز هائل. فحسب جون لويس John Lewis المنتسب لجامعة أريزونا الأمريكية فإن الكويكب ٣٥٥٤-آمون 3554-Amun، المقدر قطره بـ ٢,٥ كلم، قد يحتوي لوحده على ٣٠ مليار طن من الحديد، أي ما يعادل ١٨ سنة من استهلاكنا العالمي! والأفضل من ذلك أننا نجد في أحشائه مليون طن من البلاتين ومعادن أخرى من نفس العائلة، مثل البلاديوم والروديوم... وهي معادن نادرة وغالية الثمن تستخدم في تقنيات المستقبل، مثل البطاريات المعتمدة على الوقود التي ستجهز بدون شك ذات يوم السيارات الكهربائية. وتقدر هذه الكمية بنحو ٧٠ ألف مليار دولار! والسبب في ذلك؟ تصوروا أن الكمية التي نستخرجها بصعوبة جمة من الأرض لا تتجاوز ٢٠٠ طن من البلاتين في السنة.

صاروخ بوزن ٢٦ طنًا يطلق من الأرض

أنتم تدركون بأن كلمة كنز تحمل هنا معناها بدون مبالغة. وما يعزز ذلك أنه من غير المستبعد أن نجد في الكويكب القريب آمون معادن النحاس والزنك والذهب... لأن لا مانع في أن نجد في تلك البقاع المعادن الأرضية: فالأرض تشكلت انطلاقا من كويكبات (انظر ص ٤٤). وفضلا عن ذلك فنحن نعلم أنه توجد على الأقل ٨٠٠٠ كويكب مداراتها حول الشمس، قريبة من مدارنا، ووفرة كهذه تؤدي في آخر المطاف بالدوار في الرأس! وبالتأكيد أن الكل ليس مصنفًا في الصنف M مثل آمون، أي أنه مشكّل بنسبة ٩٩٪ من المعادن. لكننا نحصي مئات الكتل الكونية من هذا الصنف.

ومن ثم فليس غريبا أن تتكاثر المقالات العلمية التي تصف كيف يتم الاستيلاء على تلك الكنوز. وهكذا نجد ثلاثة باحثين من جامعة تسينهوا Tsinhua ببكين –هم هكسي باويين



حتى نستغل ثروات الكويكبات، فإنه ليس من الضروري إرسال رجال مناجم: ذلك أن روبوتات مثل هذا يمكنها القيام بالمهمة.

KEVIN HAND


الصدمة! هذا الكويكب الذي كُبح بفضل المسبار الانتحاري سيظل محاصراً حول الأرض.

GRÉGOIRE CIRADE POUR SVJ

Hexi Baoyin ويانغ شان Yang Chen وجونفانغ لي Junfeng Li– يقترحون انحرافاً لكويكب 2008 EA9 (هو ذا الكويكب مرة أخرى! انظر ص ٤٦) الذي سيمر في فبراير ٢٠٤٩م على مسافة مليون كلم من الأرض (أي ما يعادل ٢,٧ مرة المسافة بين الأرض والقمر). وهذا الجسم صغير جدا، قطره ١٠ أمتار، لكنه يصلح أن يكون بمثابة فأر تجارب كامل الأوصاف.

يتصور الفريق الصيني أنه بالإمكان إطلاق صاروخ ("صادم حركي" "kinetic impactor") نحوه حتى نحدّ من سرعته بـ ٣٦٠٠كلم/ساعة. وبذلك يمكن لجاذبية كوكبنا أن تشدّه إليها بدل أن يواصل طريقه على مداره بعد أن كاد يلامسنا. لقد بيّنت حسابات المهندسين أن القذيفة ينبغي أن تزن ٢٦ طنا. ويكون الاصطدام بسرعة ٢١٦٠٠٠ كلم/ساعة. لا تثقوا في هذه القيمة! تلك هي سرعة نسبية: فسرعتا القذيفة والكويكب تُجمعان، ومن ثم يأتي هذا الرقم المذهل. وعلى سبيل المثال، إذا انطلقت سيارتان بسرعة ١٠٠ كلم/ساعة في اتجاهين متعاكسين فهما تتصادمان بسرعة نسبية تعادل ٢٠٠كلم/ساعة. وفي كل الأحوال، فهذه السرعة الفلكية ليست مهمة. يكفي فقط أن نسجل بأن إطلاق مثل هذه "القذيفة" ممكن من الناحية التقنية. والواقع أن العملية تتمثل في زيادة سرعة مسبار انتحاري موجه من الأرض نحو الكويكب. والمشكل الوحيد أن الجرم الصغير قد يتفتت تحت الصدمة...هذا أمر مقلق حقّا، سيما إذا تساقطت علينا أجزاء منه. ولذا يجب معرفة تركيبة الأجرام قبل الدخول في مثل هذه المغامرات.

وبعد ذلك، كان بإمكان الفريق



الصيني النظر في سيناريوهات ألطف مثل تلك التي درست في سياق المشروع الأوروبي NEOShield الذي يجمع مهندسين أوروبيين وروس وأمريكيين. فعلى سبيل المثال، يمكن توجيه الكويكب عبر مسبار على سطحه مجهز بمفاعل... عندما يكون هذا المفاعل شغالا فهو يمارس على الجسم الصغير دفعًا ينقله إلى المدار المرغوب فيه حول الأرض. وهناك وسيلة أخرى للدفع، لكنها بطيئة بالنسبة للسابقة : الشراع الشمسي. نعم، كما هو حال السفينة الشراعية! الفوتونات التي ترسلها الشمس هنا هي التي سيحتضنها الشراع نظرا لعدم وجود رياح!

إضاءة

الفوتونات هي جسيمات حاملة للضوء.

مطية للفضاء

هناك طريقة أخيرة تتمثل في وضع مركبة فضائية ثقيلة الوزن على مقربة من الكويكب. عندئذ سيجلَب هذا الأخير بفضل جاذبية المركبة وينحرف تدريجيا عن مساره. ليس هناك في هذه الحالة أي خطر عند تدميره. لكن ينبغي أن نستعدّ قبل ذلك الموعد بكثير : نحو عقد من الزمن، على الأقل، من أجل جعله يدور في مدار حول الأرض. وأخيرا حتى لو انزعج أصحاب سيناريوهات هوليوود نلاحظ أن تفجير قنبلة نووية على مقربة من الجرم أمر مستبعد منذ البداية. فبالإضافة إلى خطر التلوث لو ينفجر الصاروخ على منصة الإقلاع مع القنبلة هناك احتمال انشطار الكويكب تحت الصدمة. وحتى في الحالة العكسية، فإن المواد المشعة التي تحررها القنبلة ستلوّث المعادن النفيسة وتفقدها بذلك كل قيمتها.

والملاحظ أن المعادن ليست الشيء المفيد الوحيد الذي يمكن أن نجنيه من الكويكبات "الجاثمة" قرب كوكبنا. فقد تمثل هذه الأجرام أيضا قواعد كاملة الشروط لتصنيع وإطلاق مركبات فضائية مستقبلا عابرة للكواكب، ما سيسمح لنا بالسير ذات يوم على كوكب المريخ مثلا. تتوفر في تلك الكويكبات كل المستلزمات الضرورية لذلك! نجد فيها معادن لا حصر لها لصناعة الصواريخ ... ونجد فيها بوجه خاص الوقود. الوقود في الفضاء يكفيه الهيدروجين والأكسجين. ومن السهل صناعتهما انطلاقا من الماء المتوفر في غالب الأحيان بكثرة في شكل جليد. وأخيرا، فإن الإقلاع من سطح كويكب لا يتطلب أي جهد. يكفي القفز، والقَدمان مضمومتان، للتخلص من الجاذبية. بينما يتطلب الانطلاق من على وجه الأرض بلوغ سرعة ٤٠٠٠٠كلم/ساعة! فسواء تعلق الأمر بسدّ احتياجاتنا في الأرض أو باستكشاف النظام الشمسي فإن مستقبلنا سيلتقي حتما بمدار الكويكبات...

الشكر لألان دورسونديرام
Alain Doressoundiram، الفيزيائي الفلكي بمرصد باريس.

(1) ASTEROIDES NOUS VOILÀ, S&J, #271, April, 2012, pp 44-55
(2) Fabrice Nicot

(٣) أستاذ بقسم الرياضيات/ المدرسة العليا للأساتذة/ القبة/ الجزائر



أنت المستقبل

لتحقيق طموح وطن..
في بناء مجتمع..
واقتصاد معرفي..



فك لغز الطــــيور المجـــنونة [1]

بقلم: أوليفي لاسكار [2]
ترجمة: مسعود بوجنيبة [3]

طيور بالغة العدوانية تهاجم سكان مدينة صغيرة: سيناريو لرائعة "طيور" "هيتشكوك Hitchcock"، المستوحاة من حدث مثير واقعي.

لقد اكتشف باحثون أسباب هذه الظاهرة التي بقيت غير مشروحة لمدة ٥٠ سنة. "طيور بحرية تهاجم المساكن!" ذلك كان العنوان الرئيس يوم ١٨ أغسطس ١٩٦١م لصحيفة سانتا كروز سنتينال Santa Cruz Sentinel. كانت القصة التي روتها هذه الجريدة في كاليفورنيا مذهلة حقا.

في الليل، تحطمت آلاف الطيور البحرية "فوق الأبنية الساحلية انطلاقاً من "بلييزير بوانت Pleasure Point" إلى غاية "ريو دال مار Rio del Mar". بدأ الهجوم الانتحاري لصاحبات الريش عند الساعة الثالثة صباحاً... كان السكان عندئذ نائمين في هدوء وفجأة سمعوا ضجيجا كأنه انفجار! ودوي أصوات. ثم ثان، فثالث، ثم آخر... وشيئا فشيئا استيقظ جميع النيام في البيوت والكل شق طريقه في الظلام بحثاً عن مفتاح إنارة ونوافذ الغرف تضيء مثل عدد المنارات في الليل. ويبدو أن الضوء لم يبطل الضوضاء بل ضاعفها عشرات المرات. الأبواب ومصارع النوافذ والجدران وسقوف البيوت: هنالك في كل مكان قرعٌ للطبل! لكن، اللعنة، من يقرع هناك في الخارج؟.

خرج الأكثر شجاعة إلى حدائقهم يحملون مصابيح كهربائية يدوية. لسوء الحظ: عما قريب أسراب من الطيور، كما لو كانت منومة بواسطة ضوء المصباح، تهبط على هؤلاء المغامرين محدثة ضجة بأجنحتها المرعبة. لا يمكن رؤية أي شيء تقريباً، لكن السكان يتصورون بالفعل أن هناك بقايا آثار مخالب ومناقير حادة على وجوههم... إنه الذعر!.

دخل الجميع إلى المنازل زحفا على بطونهم ليحتموا فيها. في الصباح الباكر، كان سكون المقابر يخيم على مدينة سانتا كروز Santa Cruz. تظهر المدينة لسكانها مشهدا للخراب، إنه

COVELLO & COVELLO PHOTO

في ١٨ أغسطس ١٩٦١م، لغز هجوم العصافير يحتل الصدارة في أخبار سانتا كروز.

بيرل هاربر Pearl Harbor بالطيور. "عثرنا في كل الشوارع على أجساد طيور تحتضر أو ميتة"، تروي صحيفة سانتا كروز سنتينال مضيفة "لقد تقيأت الطيور على قارعة الطريق آخر وجباتها: أسماك شبه مهضومة وكاملة تقريبا. كانت الرائحة الكريهة منتشرة من الأسقف إلى المروج وفي كل مكان!". ماذا حدث لكل هذه الطيور حتى تقدم على الانتحار


ROMAN JEHANNO POUR SVJ

الجماعي عن طريق الاصطدام بالمنازل أثناء رحلتها؟ وعندما سُئل الخبراء في ذلك الوقت، لم يعطوا تفسيرا مقنعا. ولكن هذا الحادث أثار اهتماماً لا يصدق لدى سيد التشويق "ألفريد هيتشكوك". رسم المخرج بعد عامين فيلما مرعب سماه "الطيور"، والذي أصبح منذ ذلك الوقت من كلاسيكية الفن السابع (انظر الإطار في ص ٦٠). لا يعطي "هيتشكوك" في فيلمه، الأسباب العدوانية العجيبة للطيور.

وبقي الهجوم على "سانتا كروز" لغزا محيرا لمدة خمسين عاماً... وأخيراً يرفع النقاب عن اللغز!.

كل شيء بدأ قبل بضع سنوات في سان دييغو، عندما سمعت طالبة في علم الأحياء البحرية من جامعة كاليفورنيا، وهي سيبل بارغ Sibel Bargu كلاما لأول مرة عن تاريخ "سانتا كروز". "واحد من أساتذتي، الدكتور ديفيد ل. جارزون David L. Garrison، كان يعلم أن هذه الحوادث المختلفة بقيت غير مفسرة، فاستلهمت هيتشكوك نفسه. كنت أحببت هذا الفيلم، فاعتقدت انه سيكون موضوع بحث مثير!"

سانتا كروز، إنها مدينة ملعونة؟

بمجرد حصولها على الدبلوم، وجدت المرأة الشابة منصبا للبحث في قسم العلوم الساحلية وعلم المحيطات

تؤثر الطحالب على الدماغ

١– الطحالب تلوث الطيور.

تتغذى العوالق الحيوانية (zooplancton) بطحلب مسموم يسمى بسودو نيتشيا *(Pseudo-nitzschia)*، والذي يبدو مشابها لعصيات صغيرة تحت المجهر. يفرز هذا الطحلب مادة سامة تعرف بالتوكسين، وهي حمض الدومويك، يلوث العائمات الحيوانية أولا ثم الأسماك التي تتغذى منها. تشكل هذه الأخيرة غذاءً للطيور: تنتقل التوكسين إلى دم الطيور حتى تصل إلى دماغها.

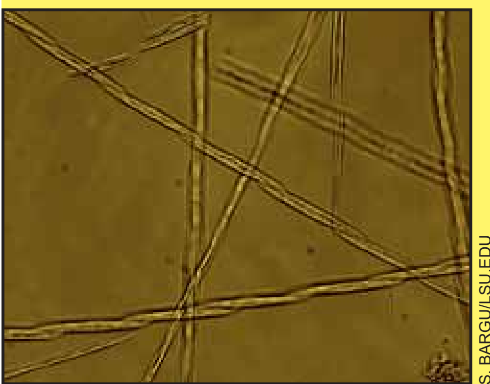
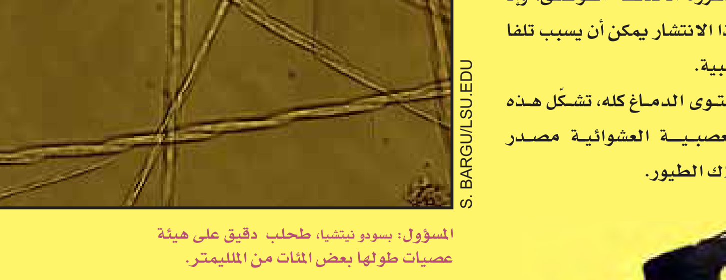
٢– يشوش التوكسين وظيفة الدماغ.

يتكون الدماغ من خلايا عصبية، تعرف بالعصبونات تتصل فيما بينها مشكلة شبكة ضخمة. عندما يتهيج عصبون ما يمكنه نقل الرسالة إلى عصبون مجاور له ليهيجه بدوره: إنها حركة نقل السيالة العصبية، وفي الحقيقة تنتشر إشارة كهربائية من خلية إلى خلية أخرى. عندما تبلغ الإشارة نهاية العصبون، فهي تطلق إفرازا للجلوتامات. تحرر هذه الجزيئة خارج الخلية، حيث تتثبت على غشاء العصبون التالي ١. الجلوتامات مثله مثل المفتاح الذي يفتح قفلا، فهو يفتح باباً كيميائيا داخل الغشاء لفترة وجيزة جدا. يسمح بذلك للذرات المشحونة كهربائيا بالانتقال نحو الداخل وانطلاق إشارة كهربائية من جديد تنتشر بدورها نحو الخلية العصبية التالية ٢. يجب أن ننبه بأن الجلوتامات لا تبقى حبيسة في قفلها إلا لبعض من الميلي من الأجزاء الثانية ثوان. بعد قضاء هذه البرهة من الزمن، يتم طرحها ويغلق الباب الكيميائي للغشاء فوراً ٣. فتصبح الخلية العصبية غير مهيجة. وهذا ما يحدث في الظروف العادية، لكن عندما يكون المخ مبللا بحمض الدومويك، فإن كل جزيئة من هذا السم تشغل الأماكن التي من المفروض أن تتثبت عليها الجلوتامات على غشاء العصبون ٤. متسببة في ظهور تدفق عصبي قبل الأوان ٥. إن هذا التدفق في حد ذاته لا يعد كارثيا، بل المشكل هو أن حمض الدومويك يبقى في مكانه، ولا يتم تدميره أو إخراجه من الموقع الذي يشغله دون وجه حق.

النتيجة: هي بقاء الأبواب الكيميائية للعصبون مفتوحة باستمرار ٦. ومن هنا يأتي انتشارٌ لتدفق السيالة العصبية المفاجئة والمتكررة محدثة الفوضى، وإذ ما استمر هذا الانتشار يمكن أن يسبب تلفا للخلايا العصبية.

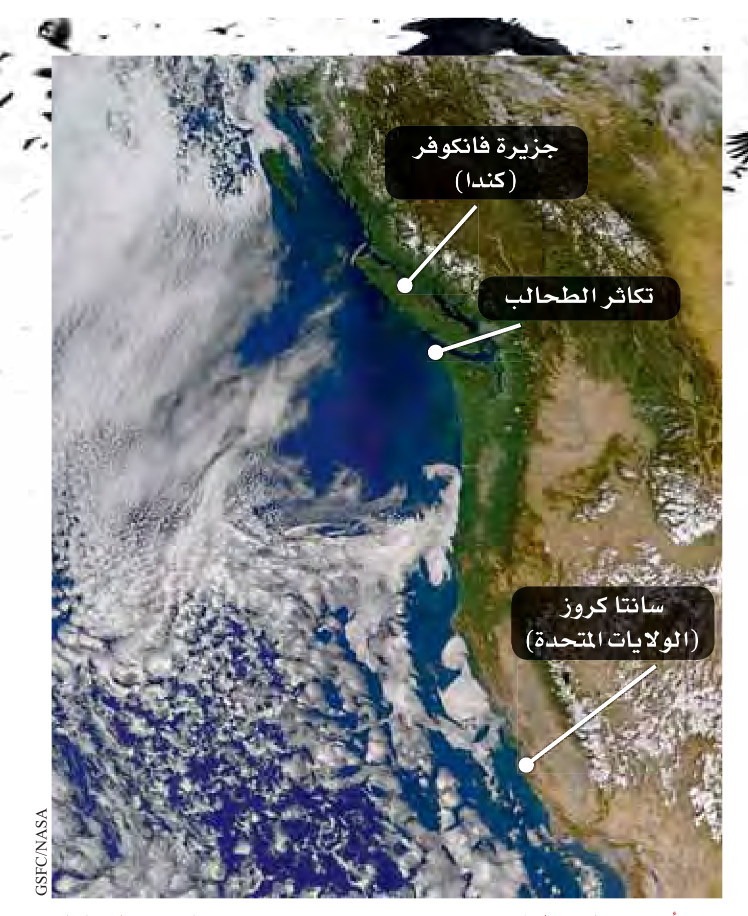
فعلى مستوى الدماغ كله، تشكّل هذه الرسائل العصبية العشوائية مصدر تشنجات وهلاك الطيور.

إتصال بين عصبونين (أو خليتين عصبيتين)
السيالة العصبية
عصبون مانح
عصبون مستقبل
حويصلات مملوءة بالجلوتامات
حويصلات تحرر الجلوتامات داخل الفراغ بين العصبونين
العمل العادي للأبواب الكيميائية
١ جلوتامات
باب مغلق
٢ باب مفتوح
سيالة عصبية
٣ باب مغلق
عمل للأبواب الكيميائية في وجود حمض الدومويك
٤ حمض الدومويك
٥ سيالة عصبية
٦ سيالة عصبية
ANTOINE LEVESQUE POUR SVJ

S. BARGU/LSU.EDU

المسؤول: بسودو نيتشيا، طحلب دقيق على هيئة عصيات طولها بعض المئات من المليمتر.



يمكن أن يصل تكاثر الطحالب البحرية إلى نسب مثيرة للدهشة، مثل ما يحدث في المساحات الخضراء بجوار جزيرة فانكوفر Vancouver. وفي وسط طحالب أخرى، تختبئ مليارات من طحلب بسودو نيتشيا.

لجامعة لويزيانا: فشكلت فريقاً "لبحث-تعقبي" ليفصل خيوط لغز يكون جديرا بالمسلسل التلفزيوني من ضحايا الماضي "Cold Case". وبمجرد أن بدأ التحقيق، وبسرعة، سمع الباحثون كلاما عن قصة أخرى، مثيرة للقلق أيضا. وتتذكر سيبل بارغو: وقع حدثٌ في سبتمبر ١٩٩١م، ودائما في مدينة سانتا كروز، له بعض أوجه التشابه الغريب مع الهجوم الذي استلهم هيتشكوك منه فيلمه، حيث تم العثور على البجع والغاق ميتة، ملقاة على إسفلت الطرق ... كانت الطيور أقل عددا من تلك التي ظهرت في سنة ١٩٦١م، لكن هذه المرة، حصل لها تقيأ لمحتويات الأمعاء المتكونة من: عجينة الأنشوا، حيث تلطخت هذه المرة الطرقات وبعض أرصفة سانتا كروز.

هل كانت المدينة ملعونة؟ هل تم تشييد مسمكة القرية على مقبرة هندية؟.

من الواضح، أن فريق سيبل لا يصدق كلمة واحدة من ذلك. ولم يلبث ان اكتشف السر عند قراءة التقارير العلمية لتلك المدة لأن الباحثين قد قاموا في ١٩٩١م بتحليل لسموم الأنشوا المقيأة عن طريق الطيور. "فقد أوضحوا، تضيف سيبل، بأن هذه الأسماك تحتوي في معظمها على التوكسين الذي يهاجم الخلايا العصبية: حامض الدوموبك" وبمجرد بلوغه المخ، يحدث هذا السم اضطرابات خطيرة على انتقال السيالة العصبية. وهكذا تصبح المعلومات المرسلة للعضلات غامضة وغير متناسقة... ويصبح الحيوان المصاب في حالة تشنج وذهول تقوده إلى فقدان الوعي وأخيرا الموت (أنظر الشكل ص ٥٨)!

باختصار، لقد كانت الأنشوا مسمومة، وبالتالي فالبجع والغاق التي تغذت منها في عداد الهالكة. ولكن ماذا بعد... هل الأسماك المقيأة من طرف الطيور قبل ثلاثين عاما كانت هي أيضا ملوثة؟ هل مجزرة ١٩٩١م تمثّل نسخة جديدة لما حدث عام ١٩٦١م بالنسبة لسيبل وفريقها، الفرضية محتملة: فالحدثان متشابهان جداً. نعم، ولكن كيف نثبت ذلك؟.

كانت الأسماك مسمومة بكل تأكيد في مياه البحر، ولكن لم يكن أحدٌ قد احتفظ بعينة من في قبوه بخام "المحيط الهادئ لعام ١٩٦١م"!.

وهناك كلمة سحرية فتحت التحقيق: كالكوفي Calcofi. "إنها اسم حملة رصد لمياه ولاية كاليفورنيا، تضيف سيبل. تم إنشاؤها في عام ١٩٤٩م بقصد فهم انهيار أسراب السردين قبالة سواحل الولايات المتحدة الأمريكية. ثم صارت أداة لتحليل تطور البيئة البحرية. مع كالكوفي Calcofi، كان في حوزتنا الآلاف من البيانات عن درجة حرارة المياه والملوحة ..."وكثير من العينات أُخِذَت حول مجموع حيوانات المحيط. بما في ذلك العوالق الحيوانية، وتلك القشريات الصغيرة والرخويات الأخرى التي تتغذى بالعوالق النباتية." لقد وجدنا منها ما كان محفوظا داخل الفورمول، يرجع تاريخه إلى يوليو وأغسطس ١٩٦١م، وفق ما تتذكر سيبل. وكانت بعض هذه الحيوانات على درجة كبيرة من الحجم حيث يسمح بتشريحها. يشكل جمبري



PHOTO 12/AFP

ظهر الفيلم
على مسارح الشاشات
الفرنسية في سبتمبر ١٩٦٣م.

الطيور والتشويق حسب هيتشكوك

الهجوم على سانتا كروز: إنه الخبز المقدس بالنسبة لألفراد هيتشكوك. يملك المخرج مسكنا بالقرب من المدينة الصغيرة الكاليفورنية، كان قد قرأ موضوع سانتا كروز سنتينال. وبمحض الصدفة، كان يعمل على قصة قصيرة للكاتب (دافني دو موريي Daphné Du Maurier)، تحت عنوان "الطيور". وفي هذه القصة التي صدرت قبل عشر سنوات يحكي الروائي البريطاني عن غزو لقرية انجليزية وهو بمثابة استشعار مبكر وعجيب للأحداث التي ستقع في سانتا كروز من شهر أغسطس عام ١٩٦١م ، حيث سمحت لهيتشكوك إعطاء مزيدٍ من الواقعية لفيلمه كما سنرى أدناه. تدور القصة حول امرأة شابة غنية ومتسيِّبة قررت تقديم زوج من الببغاوات إلى محام لا تكاد تعرفه ومفتونة به. تتوجه هذه المرأة، ميلاني Melanie (تمثل دورها في الفيلم تيبي هيدرن Tippi Hedren) إلى خليج بوديجا، وهي بلدة صغيرة لصيد الأسماك، حيث كان في انتظارها المحامي ميتش (يمثل دوره رود تايلور Rod Taylor). وأثناء عبورها الميناء على متن قارب، ينقر أحد طيور النورس ميلاني في رأسها. فألقت باللائمة على سوء الحظ، ذلك كان اعتقادها. ولكن ها هو نورس آخر يهاجم، وبعد بضع ساعات يتحطم نورس ثالث على باب مضيفة ميلاني. كما لو كان هناك طائر يحاول الوصول إليها مرة أخرى. لذلك بدأ القلق يخيم عليها. ثم طفح الكيل عندما ظهر سرب من الطيور العدوانية أثناء حفل عيد ميلاد الأخت الصغرى لميتش ...

سوف لن نروي لكم بقية الفيلم. ولكن يجب أن تعلموا بأن الهجوم على سانتا كروز ذكر بالاسم في الجزء الأخير من هذا الفيلم. فداخل أحد المطاعم، كان الرجال والنساء مذعورين ولم يصدقوا بأنهم أصبحوا فريسة للطيور إلى أن صرح أحدهم بالقول: "حدث نفس الشيء العام الماضي في سانتا كروز!"

وكما لو كان الأمر حقيقة (في ذلك الوقت!)، فقد تفادى هيتشكوك تقديم تفسير لعدوانية الطيور. وهذا ما زاد في ثراء الفيلم إذ فتح بابا أمام العديد من التأويلات. وهكذا اعتبر بعض النقاد العمل فيلما بيئيا: فمؤامرة الطيور، بكل أنواعها، تجسد غضب الطبيعة ضد الإنسان الذي يستغلها حتى الرمق الأخير. ولما لا؟ هناك أمر أكيد: بعد خمسين سنة، لا يزال فيلم "الطيور"، يعدّ عملا عظيما ومبتكرا وجريئا. إذا كنت لم تشاهده بعد، فسارع إلى مشاهدة نسخة منه في دي في دي DVD!



الكريل krill أو قريدس البحر، وكذلك السالب salpes، الهائمات الحيوانية والبرميليات dolioles مثالا على ذلك.

الجاني: طحلب متناهي الصغر.

اقتداءً بسيبل، بدأ مفتشو فريقها العمل على الفور، وكان المطلوب من الفريق أن يضعوا حصيلة كل ما يملكون من معلومات عن تلك الحيوانات الصغيرة في المحيط. فكشفت أحشاؤها نظاما غذائيا من أفقر تلك الأنظمة يشكل طحلب بسودو نيتشيا الوجبة الأساسية حيث يبلغ ٨٠ ٪! يعد هذا الاكتشاف بالنسبة للباحثين، نقطة الانطلاق: عُرِفَ هذا الطحلب الدقيق بإنتاجه الكمي لحمض الدومويك! وهكذا، وكما كان الحال عام ١٩٩١م

إضاءة

الكريل krill: هو اسم عام أطلق على القشريات المشكلة للعوالق الحيوانية (zooplancton) في البحار الباردة، وهو مصدر أساسي لغذاء الحيتان.

السالب salpes والبرميليات dolioles: وهي الكائنات الصغيرة (من ٠,٥ إلى ٢٠ سم) ذات الجسد الشفاف وغالبا ما يكون في شكل برميل. لا تعد من اللافقاريات لأنها تمتلك ما يشبه العمود الفقري.

فإن الأمر يتعلق بالتأكيد بالتوكسين المنتجة من قبل هذا الطحلب، والتي لوّثت الأسماك في صيف عام ١٩٦١م. لذا كان واضحا أنه احتشد بكميات كبيرة في تلك السنة فنقلت العدوى للعديد من الأسماك، ثم الطيور...

ما الحدث الذي أدى إلى تزايد هذا الانتشار الاستثنائي لهذا الطحلب؟ راجعت سيبل بيانات الطقس في تلك الفترة. حيث اكتشفت أن طاقة الرياح على الساحل بالقرب من سانتا كروز كانت قليلة جداً، خلافا للسنوات الأخرى. حيث تُظْهِر سجلات كالكوفي أن درجات حرارة سطح المحيطات بقيت ساخنة في نفس الفترة. فخبيرة محيطات محنكة مثل سيبل لا تتوانى كثيرا في ربط العلاقة بين المعلومتين. نقص الرياح الكارثي في شهر آب منع المياه السطحية، الساخنة جداً، من الابتعاد نحو عرض البحر. النتيجة: المياه الباردة والمحملة بالمواد الغذائية، والتي في العادة، تعوض المياه الساخنة، ظلت محتجزة داخل الأعماق.

ومن ثمّ صار الماء في المنطقة المجاورة لسانتا كروز في نفس الوقت ساخنا وفقيرا بالأكسجين بسبب عدم وجود رياح تحركه. وزيادة على ذلك، فإن المياه الآنفة الذكر تحتوي على عدد قليل جدا من المعادن يلائم نمو الطحالب. وباختصار تلك كانت ظروفا كارثية لأي طحلب، باستثناء بسودو نيتشيا الذي يهوى هذا النوع من الوسط البيئي، كما توضح سيبل: "هذا الطحلب ينمو في ظروف جد سيئة. بل تعد من خصوصياته. لقد تمكنا من ملاحظة تتلخص في التالي: أن نمو وتطور طحلب بسودو نيتشيا، سواء على مستوى المختبر أو على مستوى وسطه الطبيعي، يزدهر بشكل جيد مع قليل من المغذيات، في المياه الدافئة وقليلة التهوية".

وتضيف عالمة الأحياء " كانت الظروف مثالية لازدهار استثنائي لهذا العالق السام"، وهذا ما حصل بالضبط حيث تمّ إنتاج كميات ضخمة من حامض الدومويك وحدث إثره التسمم الكبير الذي كانت ضحاياه الطيور وقد تكرر نفس السيناريو بعد ذلك في عامي ١٩٩١ و١٩٩٨م، وهو الأمر الذي اكتشفه الفريق لاحقا.

وهذا ما يقلق سيبل بارغ اليوم: وتيرة هذه الدورات التسممية المتسارعة. وما يخشى منه مستقبلاً، للأسف، هو حدوث مجازر أخرى. وستشكل الطيور الضحايا الوحيدة لهذه الظاهرة. ليس لدى سكان سانتا كروز ما يخشونه، بشرط أن يتجنبوا تناول السمك في فصول الصيف الهادئة الخالية من الرياح! وما عدا ذلك يمكنهم أن يناموا في اطمئنان لأن الطيور لم ترغب في مهاجمتهم أثناء تلك الليلة الكابوسية من ١٧ أغسطس ١٩٦١م. تخيل ما وقع: الطيور كانت مريضة منهكة غير قادرة على التنسيق الصحيح لرحلتها في الضباب الكثيف الذي غطى المدينة. كانت أضواء المصابيح اليدوية والمنازل لسانتا كروز العلامة الوحيدة التي بقيت توجهها. وقد حوّلها حامض الدومويك إلى طيور مجنونة فتاهت وارتمت بأجسامها وكسرت أجنحتها على جدران المنازل. إنها نهاية ما كان سيتذوقها ألفريد هيتشكوك، الذي طالما أحب اللعب بمخاوفنا.

لا، فالطيور ليست لديها الرغبة لقتل الناس وإنما تهبط اضطرارياً فتهلك.

للاستزادة على الأنترنت

انظر موقع calcofi.org/ لكالكوفي Calcofi (California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations تعاونية كاليفورنيا للتحقيقات حول مصائد الأسماك المحيطية)، وفيه صور جميلة لمجموعات من العينات المأخوذة من المحيط.

(1) LE MYSTÈRE DES OISEAUX FOUS RÉSOLU, S&J, #271, April, 2012, pp 62-65
(2) OLIVIER LASCAR

(٣) أستاذ بقسم علم الأحياء/ المدرسة العليا للأساتذة/ القبة/ الجزائر



الأسماك: كائنات ثرثارة [١]

بقلم: رافائيل بريلود [٢]
ترجمة : عبدالكريم الكاملي [٣]

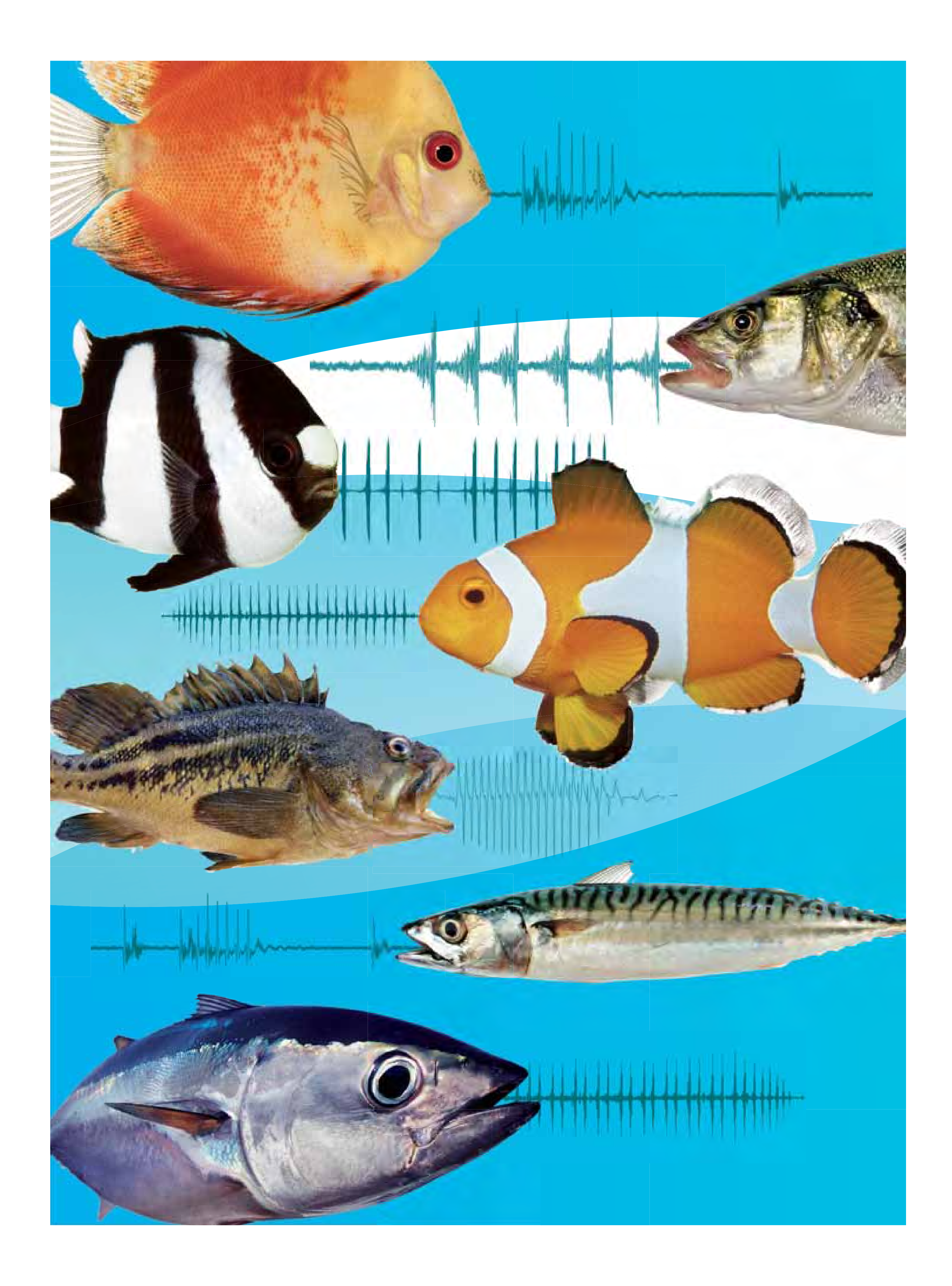
«صامت كسمكة الشبوط» هذه المقولة ليست صحيحة
لقد أثبتت الدراسات أن الأسماك تصدر أصواتاً للتواصل ببراعة عجيبة

فخلال الحرب العالمية الثانية، قام الجنود الأمريكيون بوضع الألغام البحرية الصوتية (التي تنفجر بالصوت) على الشريط الساحلي الشرقي للولايات المتحدة الأمريكية. انفجرت الألغام واحدة تلو الأخرى بالرغم من عدم وجود أية بوارج حربية من العدو في المنطقة ماعدا بعض أسماك اللوت الطافية على سطح الماء. لقد انفجرت الألغام بفعل الأصوات الحادة التي تصدرها هذه الأسماك التي تدعى الناخرة. هذا ما صرح به السيد جون بول لاجاردير Paul Lagardère، المدير السابق للمركز الوطني للبحث العلمي الفرنسي، والمتقاعد حالياً.

لم يكن يعتقد أحد أن الحيوانات البحرية يمكنها أن تصدر أصواتاً ماعدا الحيتان.

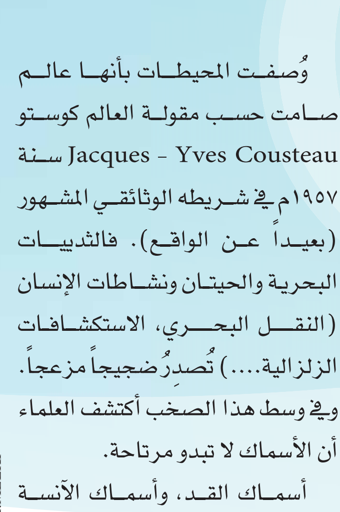
بعضها يتجشأ والبعض الآخر يصدر فرقعة (أصوات تخرج من الفم وأخرى من المؤخرة).

B.FURLAN/GETTY - M.HARVEY/GETTY - A.RIDSTONE/FOTOLIA - T.BALAGUER/FOTOLIA - E.ISSELÉE/FOTOLIA - B.PAMIKOV/FOTOLIA





E.PARMENTIER - M.MELKI



وُصفت المحيطات بأنها عالم صامت حسب مقولة العالم كوستو Jacques - Yves Cousteau سنة ١٩٥٧م في شريطه الوثائقي المشهور (بعيداً عن الواقع). فالثديات البحرية والحيتان ونشاطات الإنسان (النقل البحري، الاستكشافات الزلزالية....) تُصدِرُ ضجيجاً مزعجاً. وفي وسط هذا الصخب أكتشف العلماء أن الأسماك لا تبدو مرتاحة.

أسماك القد، وأسماك الآنسة وأسماك الفضة وأسماك القوبيون وثعبان البحر وأسماك العلجوم كلها تثرثر باستمرار.

يقول جون بول لاجاردير Jean-Paul Lagardère: "يكفي أن نغطس سماعة الصوت تحت الماء (هيدروفون) لكي نكتشف التنوع الكبير في الأصوات المتبادلة بين الأسماك".

أما إريك بارمانتير Eric Parmentier من جامعة لييج في بلجيكا فيقول: "أعترف أنه في بداية دراساتي كنت أبحث عن السمكة التي تصدر الصوت، لكنني وجدت نفسي أخيراً أبحث عن السمكة التي لا تصدر الصوت"، وقد تمكن هذا الباحث مؤخرا من اكتشاف صراخ سمكة البيرانا (piranha).

ذكر أرسطو في كتاباته منذ القدم أن السمك يصدر أصواتاً، كما أن الصياديين من منطقة مصب نهر الجيروند بغرب فرنسا كانوا يحددون مواقع أسماك اللوت بوضع أذانهم في قاع قارب الصيد.

لكن كل هذا قد لا يكفي لإقناع أهل العلم والمختصين. لقد تسارعت الإكتشافات منذ عشر سنوات، فمن بين ٨٠٠ عائلة من الأسماك البحرية تم إلى اليوم إثبات أن أكثر من ١٠٠ عائلة تتواصل بينها بالصوت وهو أمر مذهل بالنسبة لحيوان لا يملك قشرة مخية (مخ غير متطور). فالنوع الواحد يمكنه إصدار أصوات مختلفة بلهجات مختلفة وبطرق مختلفة وهو دليل قاطع على وجود لغة تواصل غنية.

ولأول مرة في سنة ١٩٧٠م نشرت نتائج الدراسة التي قام بها العالمان ماري بولاند و ويليام ناوبراي Marie Poland and William Nowbray حول أصوات الأسماك.

قام هذان العالمان من جامعة رود أيلاند (الولايات المتحدة) باستخدام معدات تابعة للقوات البحرية الأمريكية (المارينز) لمدة طويلة (منذ ظهور الغواصات) لسماع الأصوات في المحيطات. بينت نتائج الدراسة أن أصوات الحياة البحرية كانت قوية إلى درجة التشويش على الأهداف العسكرية. وقد تم الإستعانة بعلماء الأحياء لكشف أسرار هذه الأصوات. مما مكن الباحثين من تحديد أصوات أكثر من ٢٠٠ نوع من الأسماك في الشمال الغربي للمحيط الأطلسي.

هل هذه المقولات صحيحة؟

لماذا يقال "صامت مثل الشبوط" لا أحد يعلم .. لكن رابيلي يفضل استعمال "صامت مثل السمك" .. أما جورج ساند فيفضل " صامت مثل سمك التنش " .. لكن الحقيقة هي أن هذه المقولات الشائعة خاطئة بالرغم من أن بعض الأسماك مثل الشبوط لم يتم تسجيل أصواتها بعد.

أسماك تتكلم ؟

مقولة اعتبرت غير معقولة لدى علماء الأحياء البحرية ولم يكن أحد يصُغي إليها بل كانت محل السخرية.

ففي سنة ٢٠٠٤م منحت جائزة نوبل (جائزة تمنح للبحوث المتميزة في

مثانة السباحة:

يقع هذا الجيب الهوائي بين الأنبوب الهضمي والعمود الفقري ويستعمله السمك للطفو والتحكم في العمق. كما يُمكّن هذا الجيب من إصدار أصوات نتيجة تغير حجم الجيب الهوائي. عند ارتباط المثانة بالأنبوب الهضمي يصدر صوتاً من الفم (ثعبان البحر أو الأنكليس) أو من الشرج (سمك الرنجة).

الزعنفة الصدرية:

تعمل السمكة-القطة على حك المفصل المخطط للزعانف الصدرية. كما تستعمل أسماك أخرى الزعانف الظهرية.

العالم) للعالمان السويديان ماجنوس مالبرج وهاكان ويستربرج لأعمالهما حول الإتصالات بين أسماك الرنجة عن طريق فقاعات تتسرب من فتحة الشرج.

وقد علق بعضهم بسخرية قائلين: كيف يمكن منح هذا الشرف العلمي الكبير "لمجرد ريح منبعثة من الشرج!".

ولتأكيد أهمية الأصوات الشرجية فقد أخطأت البحرية السويدية في أوج الحرب الباردة " لدى استقبالها أصوات أسماك الرنجة التي اعتبرها السويديون في ذلك الحين نظام تشويش جديد"، كما صرح بذلك جون بول لاجاردير.

ليس من السهل مشاهدة سمكة متلبسة لحظة إصدارها الأصوات. فأصواتها غير مسموعة من الساحل كما أنها لا تتجاوز سطح الماء. إضافة إلى أنه لا يمكن ملاحظة الصوت من حركة الفم، فالأسماك لا تملك حبالاً صوتية، لكنها تملك آليات فيها الإبداع والمفاجأة. فالعديد من الأسماك تستعمل مثانة السباحة، (الجراب الهوائي الذي يسمح للسمكة بالتحكم بغطسها). تتمثل الآلية في عضلات داخلية تعمل على تقليص حجم المثانة وعضلات خارجية تعمل على زيادته.

أما في سمكة ثعبان البحر أو الأنكليس فتبقى العوامة مرتبطة بالأنبوب الهضمي، حيث تضغط العضلات على جسم السمكة مما يسمح بطرد الهواء عن طريق الفم. فسمكة ثعبان البحر تصدر صوتاً وكأنها تتجشأ (تخرج صوتا وريحا من فمها يشبه الصوت الصادر من فمنا عند الشبع) بينما تفرقع سمكة الرنجة (تصدر صوتاً مع ريح من فتحة الشرج).

وتقوم مجموعات أخرى من الأسماك بحك الأجزاء الصلبة لأجسامها لغرض إصدار الصوت.

سمكة الغوريت البيضاء تستعمل أسنانا بلعومية على مستوى الخياشيم. أما السمكة القطة فتقوم بحك المفصل المخطط للزعانف الصدرية، كما يحدث عند تمرير الأصابع على المشط" وهذا ما يؤكده الباحث إيريك بارمنتيي.

"السمكة التي تعزف بالأكورديون"

أثبت الباحث البلجيكي إيريك بارمنتي في ٢٠٠٧م وجود طريقة ثالثة لإصدار الصوت حيث تقوم سمكة البهلوان حين تكون في مخدعها بطرد الدخلاء عن طريق طقطقة أسنان الفم بفضل رباطين يصلان اللسان بالفك السفلي. وبالرغم من التشريح



الباحث إيريك بارمنتي Eric Parmentier من جامعة لييج بلجيكا هو من الباحثين القلائل في العالم الذي كرس أعماله لدراسة أصوات الأسماك.

ماهو تأثير التلوث الصوتي على الأسماك؟

تصدر الأسماك أصواتا ويمكنها استقبال أصوات تقع ذبذبتها بين ٢٠ إلى ٣٠٠٠ هرتز (مقابل ٢٠ إلى ٢٠٠٠٠٠ هرتز عند الإنسان). هل تتأثر الأسماك بأصوات محركات البواخر والصدى الناتج من أجهزة السونار العسكرية (السونار جهاز لاكتشاف الأشياء تحت الماء يعمل بواسطة الموجات الصوتية)، تفجيرات المدافع الهوائية في الاستكشافات الزلزالية أو جميع ما يرتبط بالتلوث الصوتي الناتج عن أوجه نشاط الإنسان؟ الآراء حول هذا التأثير منقسمة.

فعلى عكس الحوتيات والحيتان التي تعتبر الضحية الأولى لهذه الضوضاء، فإن الأسماك لا تتواصل بينها لمسافات طويلة (عدة كيلومترات) لذلك فهي أقل حساسية لهذا الضجيج. لكن الدراسات القليلة المتوفرة أثبتت أن هذه الضوضاء قد تحول دون اتصال الأسماك مع بعضها مما قد يعرضها للإجهاد وتغيير سلوكها وبالتالي تقليل فرص بقائها.

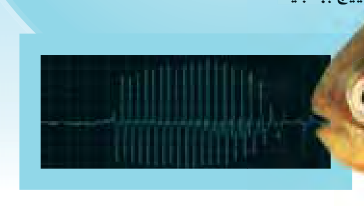
استرتيجيات متباينة حسب النوع

سمكة البيرانا تصرخ قبل أن تعض

تكون طقطقة الأسنان من الخوف أو للتخويف. نحن نعرف أصوات الإستغاثة التي تصدرها السمكة ونحن نمسك بها باليد خارج الماء.

صوتان آخران تم اكتشافهما عند سمكة البيرانا ذات البطن الأحمر والمعروفة بإسم Pygocentrus nottereri: صوت أصم ومختصر عند المصارعة للحصول على الغذاء وأصواتا قصيرة وحادة عند الصيد وعندما تريد لدغ فريستها. فبينما يكون صوت الطقطقة صادراً عن الفك فإن الصوتين الآخرين صادرين عن مثانة السباحة.

"يمكننا تصور أن سمكة البيرانا طقطقت أسنانها في الفراغ ذات يوم مصدرة صوتا. لكن هذا السلوك تحول من وظيفته الأصلية كما يوضحه الباحث إيريك بارمنتي من جامعة لييج ببلجيكا".

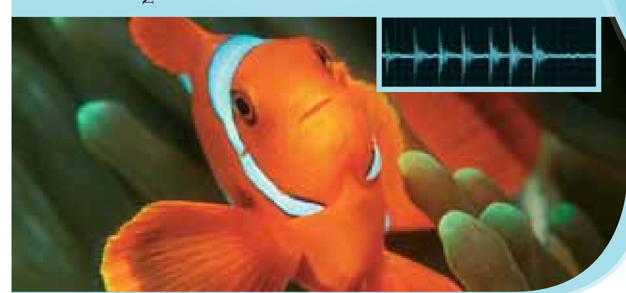


D.KINDERSLEY/GETTY - B.FURLAN/GETTY

السمكة البهلوان تطرد الدخلاء عن طريق إصدار سلسلة مكونة من ٤ إلى ١٠ أصوات

"إظهار القوة عن طريق صرخة قوية تخيف العدو أفضل من الدخول في صراع" يؤكد إيريك بارمنتي: هذه هي خطة السمكة المعروفة باسمها اللاتيني Amphiprion clarkii هذه السمكة الجميلة الملونة التي ألهمت السينمائيين لإنتاج شخصية نيمو، تقوم بتهديد الدخلاء عن طريق إصدار أصوات معزولة في البداية ثم متواصلة في شكل سلسلة ثم تتبعها بلدغة أو ضربة بالأنف.

لإصدار هذه التهديدات ترفع السمكة البهلوان رأسها وتسحب لسانها مما يؤدي إلى تمدد الرابطين والغلق العنيف للفم وطقطقة للفكين وتضخيم للصوت بواسطة مثانة السباحة.



N.POELZER/GETTY - E.RESCHKE/GETTY - DR

الدقيق للأسماك لا تزال العديد من آليات إصدار الأصوات غير مفهومة حتى الآن.

مما سبق يتبين أن هناك تنوعاً كبيراً في الأصوات قد يضاهي تعدد أنواع الأسماك، حتى وصف بعضها مثل سمكة البلطي بأنها "تلعب على الأكورديون باستعمال أضلاعها" كما يعتقد الباحث إيريك بارمنتي.

أسماك تتكلم في الوقت المناسب

الأسماك ثرثارة لكنها لا تصدر الأصوات إلا عند الحاجة لحماية مناطقها أو للتكاثر، وللتنبيه إلى الخطر أو لتحديد موقعها. تم تسجيل ما لا يقل عن ٦ أنماط من الأصوات عند السمكة الآنسة وهو رقم قياسي في عدد الأصوات من نوع واحد!

أما سمكة الحدوق فتصدر أصواتا لتزامن عملية تحرير النطاف (الحيوان المنوي)، حيث يتم إصدار الصوت أولا لجلب الإناث ثم يتم تسريع الإيقاع لإثارتها، وحين يبلغ الإيقاع أقصاه تبدأ عملية الإباضة.

سواءً أكان الصوت أشبه بالهديل، أو الدمدمة، أوالنعيق، أم بالطقطقة فإن صوت الأسماك يقترب من صوت الطبل tam-tam "حيث تغير الطيور والحيتان من تردداتها وهذا أساس التغريد كما يوضحه إيريك بارمنتي".

ونظراً لخلو الأسماك من القشرة المخية فإن قدرتها على التعلم محدودة، لذلك فهي تعتمد على الإيقاع: أي تتابع الأصوات والصمت"، فإذا كانت أصوات الثدييات البحرية تصنف في خانة اللحن فإن صوت الأسماك يصنف في خانة الترخيم (صوت رقيق مع النغمة).

أصوات الأسماك ليست بدائية أو بسيطة كما تبدو لأول وهلة، فهي تشبه

> **يأمل الباحثون في التعرف على النظام البيئي عن طريق الأصوات التي يصدرها**

باركود (الأعمدة المشفرة) صوتي تحمل رسائل متطورة وعلى الباحثين فك شفرتها. فكل نوع يملك علامة صوتية مميزة تشير -في أعماق المحيط المظلمة- إلى حجم المصدر (كلما كان المصدر كبيرا كلما كان التردد

السمك العلجوم يعرف كيف ينتج أصواتا معقدة

السمكة المعروفة باسمها اللاتيني Batrachomoeus trispinosus هي الوحيدة التي يمكنها تغيير تردد الأصوات مما يجعل صوتها قريباً من تغريد الطيور أو أصوات وكلام الثديات.

بفضل مثانة السباحة لديها والمقسمة إلى فصين مختلفين تقترب في بنيتها من عضو التغريد عند الطيور أو الصافرة.

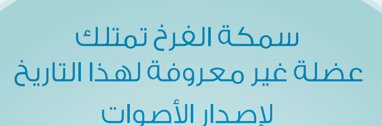
سمكة علجوم أخرى Opsanus tau تبلغ تقلصات عضلاتها الصوتية حتى ٥٠٠ مرة في الثانية مما يعطي انطباع بوجود صوت مستمر يشبه صافرة البواخر.

لا يعرف لحد الآن عضلة في عالم الحيوان تعمل بهذه السرعة !.



الآنسة التي تتكلم عدة لهجات

تصدر السمكة المعروفة بإسمها اللاتيني Dascyllus flavicaudus ٦رسائل مختلفة تشير إلى وضعيات وحالات مختلفة: عند محاولة جلب الأنثى، وعند طرد الدخلاء من نفس النوع أومن أنواع أخرى، وعند مقاتلة فرد من نفس النوع أومن أنواع أخرى وعند الإباضة في فترة التزاوج. كما أنه لا تُصدر سمكة D.trimaculatus أو D.aruanus من مدغشقر أو من بولينيزيا نفس الأصوات، وكأنها تتكلم بلهجات مختلفة.



سمكة الفرخ تمتلك عضلة غير معروفة لهذا التاريخ لإصدار الأصوات

عند فحص السمكة المعروفة باسمها اللاتيني Glaucosoma buergeri لاحظ الباحثون وجود عضلة غريبة داخل مثانة السباحة.
أثبتت الدراسات البيوكيميائية والمجهرية أن العضلة ملساء بطيئة تستعمل عادة في عملية الهضم لكنها، بعكس كل التوقعات، وجد أنها تساهم في الاتصال الصوتي.
تمثل سمكة الفرخ نظاماً وسطياً فريداً يقع بين الأسماك التي تصدر الأصوات بفضل عضلات سريعة تعمل على تقلص المثانة من الخارج وبين أسماك تستعمل عضلات بطيئة تعمل على سحب (تقليص حجم) المثانة من الداخل.
هذه شواهد على حدوث تطور "مثل الحيتان التي تملك عظام الأرجل أو ديناصورات تمتلك ريشا" وهو ما صرح به مايكل فاين Michael Fine من جامعة كمنويلث فرجينيا.

منخفضا)، وإلى جنس السمك (وهو مرتبط عادة بالحجم)، والمنطقة التي يوجد فيها: فمثلاً من مدغشقر إلى تاهيتي تغير السمكة الآنسة من أصواتها كأنها تتكلم لهجات مختلفة.

تمكن علماء فيزيولوجيا الأعصاب من جامعة كورنيل (الولايات المتحدة) من التعرف على مجموعتين من الخلايا العصبية تتحكم في مدة وتردد الأصوات عند السمكة العلجوم. يعتقد أن هذا النظام نشأ من نظام عصبي بدائي ظهر في أحد الأسلاف المشتركة للأسماك، الطيور والثدييات. أي أن دراسة الأسماك قد تساعدنا على فهم كيفية القدرة على الكلام لدى الثدييات بما فيها الإنسان.

كما أن لأصوات الأسماك فوائد عملية مثل: تحديد منطقة التكاثر لتفادي أوتقليل الصيد في بعض المناطق (الراحة البيولوجية)، تطوير نظام تغذية للإقتصاد في الغذاء في مزارع تربية الأسماك، واستعمال أصوات منفرة لإبعاد السمك عن منابع المياه.

هل يمكن في يوم ما التعرف على سمكة من خلال سماع صوتها باستعمال (سماعة الصوت تحت الماء) هيدروفون؟.

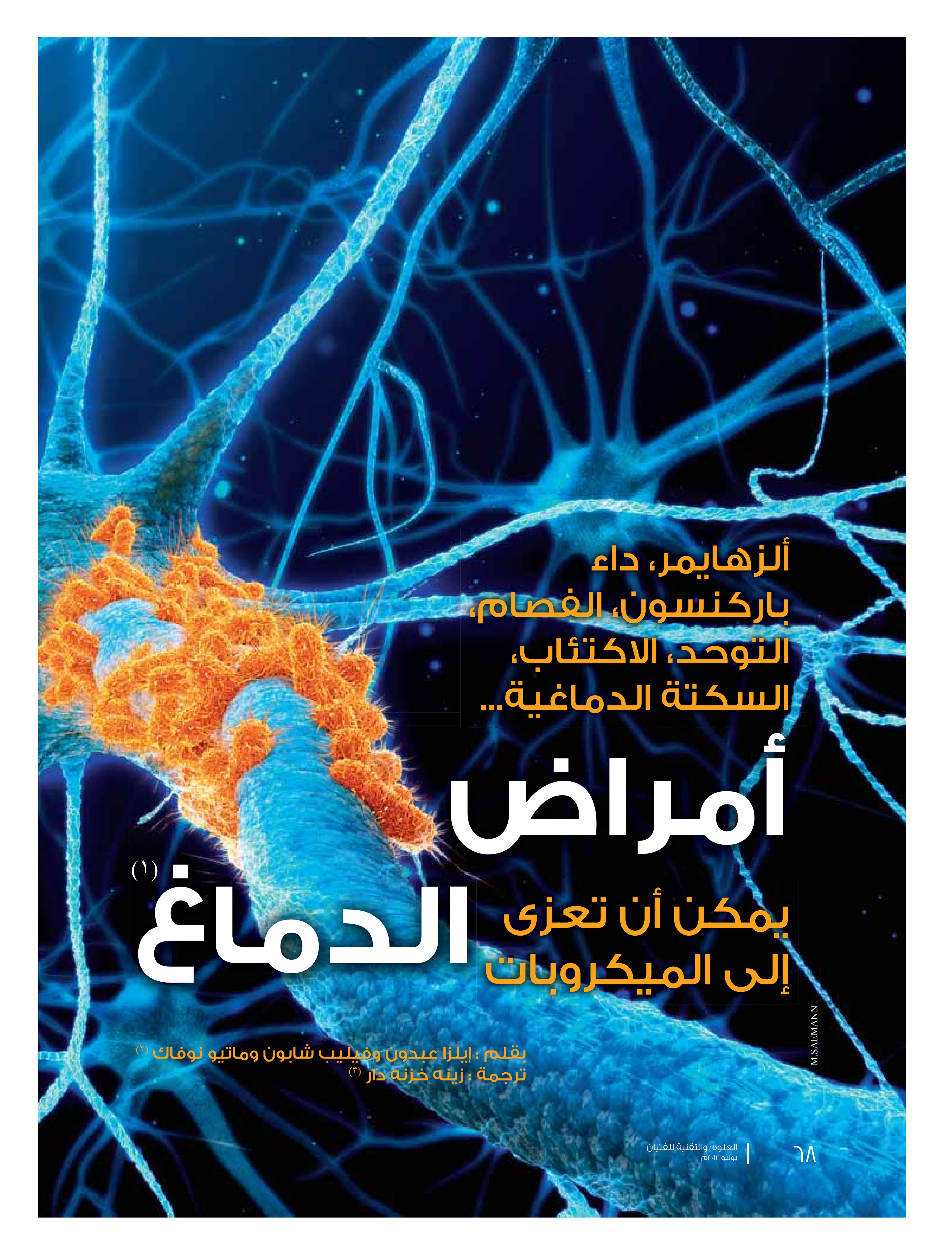
هل يمكن تقويم التنوع الحيوي وصحة النظام البيئي من خلال الأصوات التي تعبر من خلاله؟.

هذه هي آمال الباحثين بالرغم من أن المحيطات لا تزال تضم عجائب كثيرة غير مكتشفة.

---

(1) POISSONS ILS SONT FINALEMENT TRES BAVARDS, S&V, #1134, March, 2012, pp.86-91
(2) RAFAËLE BRILLAUD

(٣) أستاذ بقسم علم الأحياء/ المدرسة العليا للأساتذة/ القبة/ الجزائر



ألزهايمر، داء باركنسون، الفصام، التوحد، الاكتئاب، السكتة الدماغية...

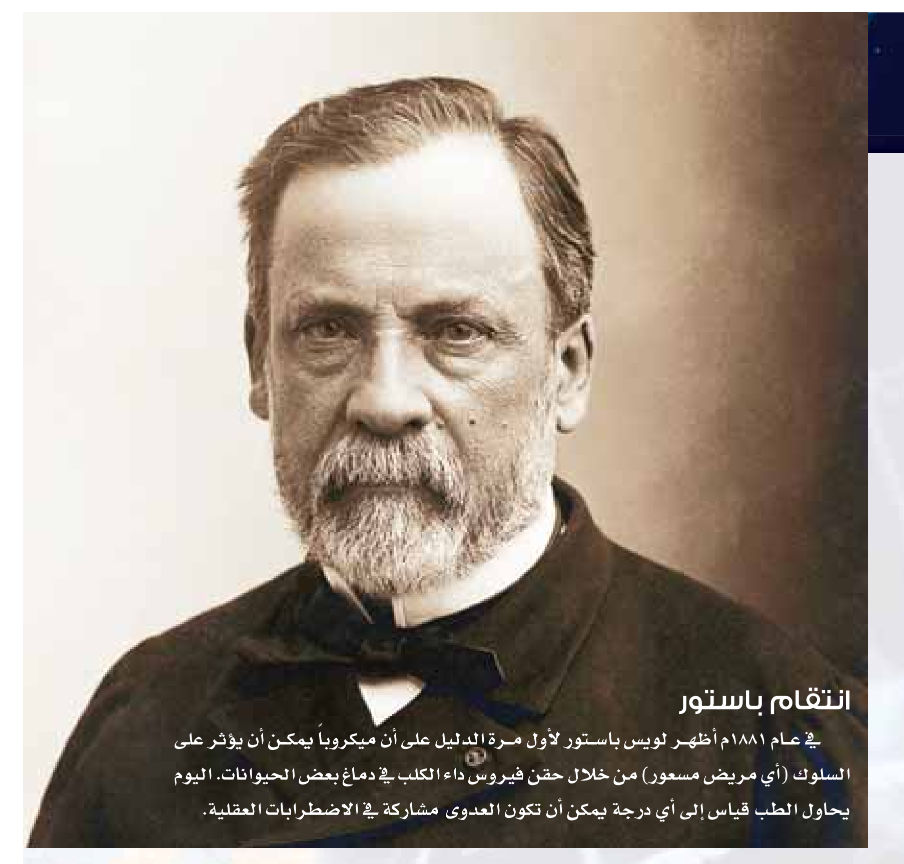
أمراض الدماغ[١] يمكن أن تعزى إلى الميكروبات

بقلم : إيلزا عبدون وفيليب شابون وماتيو نوفاك [٢]
ترجمة : زينه خزنه دار [٣]

M.SAEMANN



يمكن لهذه الفكرة أن تسبب الصدمة: ميكروبات شائعة قد تكون المسبب لأمراض غامضة كالتوحد وألزهايمر والاكتئاب..إلا أن الأدلة تتجمع لتظهر أن «أمراض الروح» قد تخبئ إصابة بعدوى معروفة. أمر يبعث إلى التفاؤل بحدوث ثورة في طرق العلاج. فالإنسان يعرف كيف يهزم الميكروبات.



انتقام باستور

في عام ١٨٨١م أظهر لويس باستور لأول مرة الدليل على أن ميكروباً يمكن أن يؤثر على السلوك (أي مريض مسعور) من خلال حقن فيروس داء الكلب في دماغ بعض الحيوانات. اليوم يحاول الطب قياس إلى أي درجة يمكن أن تكون العدوى مشاركة في الاضطرابات العقلية.

لماذا يصاب البعض بالفصام وآخرون بالتوحد؟ كيف نغرق في ظلمات الاكتئاب؟ ما الذي يُحدث مرض ألزهايمر؟ أو داء باركنسون؟ مهما كانت أعراض هذه الأمراض النفسية مختلفة إلا أنها تشترك بنقطة هي: لا تزال مسبباتها مجهولة. علماً بأن النظريات متوفرة: أسباب وراثية، فيزيائية، كيميائية... غير أن أياً منها لا تستطيع حقيقة تفسير لماذا يتداعى الدماغ هنا، أو يخرج عن طوره هناك، أو في حالات أخرى يصاب بالهلوسة أو ينسى أو يتجهّم. لكن فرضية يتم مناقشتها جدياً في السنوات العشر الأخيرة قد تكون قادرة على تفسير اضطرابات التعرّف Cognition المختلفة، والتي يعاني منها ملايين الأفراد حول العالم، وذلك بإرجاعها إلى نفس المسبب وهو: ميكروبات معروفة.

قد تصيبنا هذه الفرضية الغريبة بالخيبة بل حتى بالإحباط، فالأمراض التي تصيب الدماغ تبدو لنا محيرة ومذهلة لدرجة أننا نتخيل لها طواعية أسباباً من نوع آخر. إلا أن أكثر ما تصيبنا به هذه الفكرة هو القشعريرة، فهي تعني أنه في خفايا أجسامنا يمكن لجراثيم أو فيروسات أن تعمل على تدمير أفكارنا، مغيرة سلوكنا وإدراكنا، ساحقة ذكرياتنا، ومبيدة فهمنا.

مشاهدات مقنعة

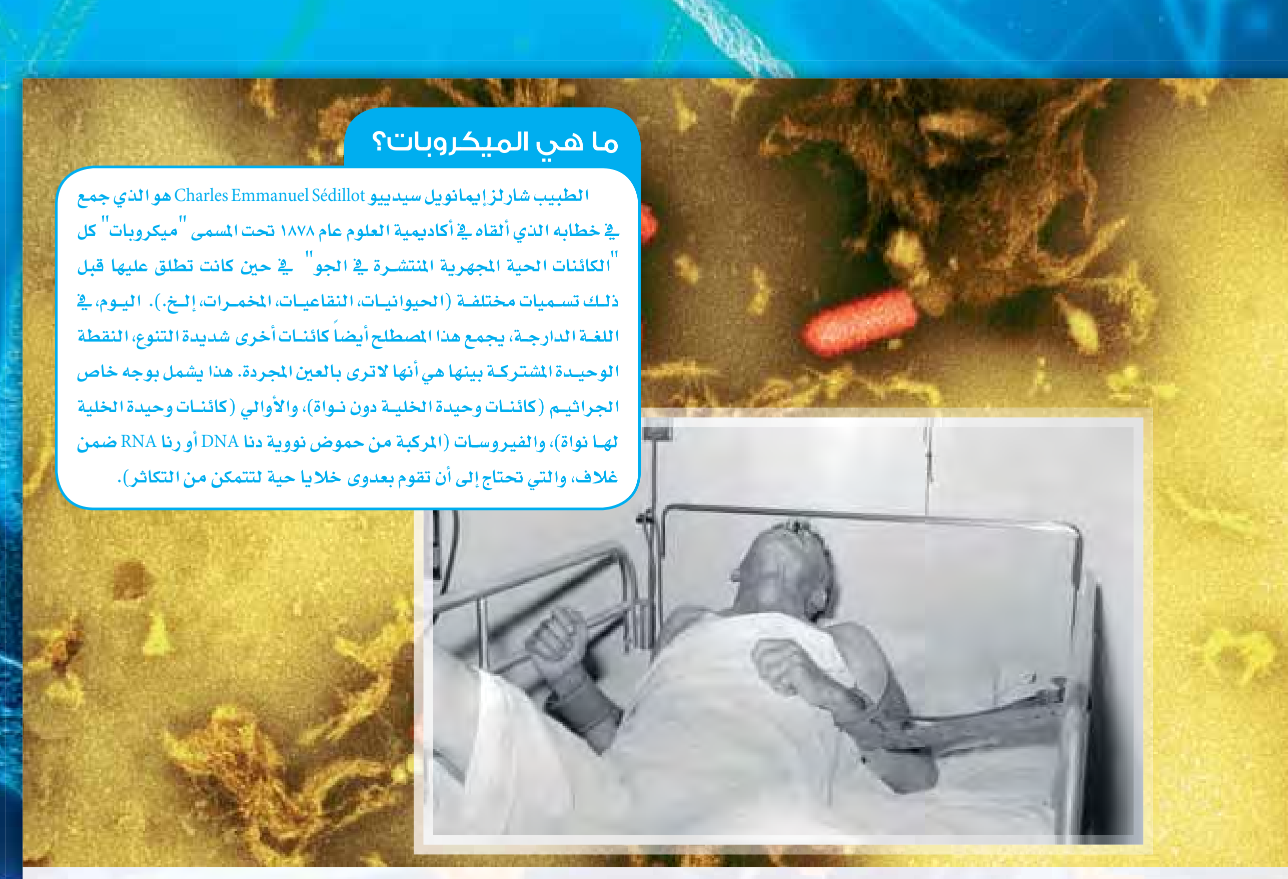
كل هذا يحصل دون ظهور حمى شديدة ولا بثرات وإنما من خلال عدوى تحدث ببطء ودون أن تثير الانتباه، فلا يظهر الخراب الذي خلفته- تشكل اللويحات الشيخية، تشوهات في بنية الدماغ، عصبونات مخربة- إلا بعد مدة طويلة عقب خروج الميكروبات نفسها من الجسم. وهنا تكمن الحقائق: فقد توصل عدة باحثين مهتمين بالاضطرابات العقلية، وبشكل مستقل الواحد عن الآخر، إلى إرجاعها إلى نفس النمط من الأسباب بالاعتماد على معطيات وبائية مثيرة للاضطراب ومشاهدات سريرية مقنعة. وهكذا ظهرت فرضية العدوى المختلفة جذريا عن النظريات الوراثية أو النفسية (البسيكولوجية) التي تم تطويرها حتى يومنا.

من المثير للدهشة السرعة التي تشكلت بها هذه الفرضية خلال بضع سنوات لتتمكن من تفسير اضطرابات بهذه الأهمية والكم. وربما الأخطر من ذلك أنه توجب علينا الانتظار كل هذه المدة حتى يحمل هذا التفسير محمل الجد. كما لو أنه كان من الصعب قبول فكرة أن الدماغ هو عضو كسائر الأعضاء وبالتالي هو عرضة كغيره للإصابة بجراثيم خارجية، وأن أفكارنا وسلوكنا تنبثق من حقائق مادية - فيزيولوجيا الجسم - وأنها ليست تعبيرا عن روح نقية. وعلى الرغم من أن الفكرة لم تكن جديدة فإن اعتبار نظرية العدوى (التي يدافع عنها الباحثون) نظرية جادة تطلبت قطع شوط طويل. تستعرض الصفحات الموالية أعمال هؤلاء الباحثين.

> عندما يُعْدي جسم مجهري "الروحَ" فهذا يبدو... أمرًا مذلاً

ومما لا شك فيه أن الأمر ليس بريئا عندما يكون أول من أعتبر الدماغ عضوا كامل الشروط، ومن ثم عرضة لأنواع كثيرة من الأمراض، هو أب الطب. فقد كتب أبقراط في القرن الرابع قبل الميلاد: "حين يثار التهاب الدماغ، يضطرب الذكاء، ويصاب الدماغ بتشنجات فيقوم بتشنيج كامل الجسد"، وبهذا أرجع إلى العالم المادي مرض الصرع الذي كان يدعى "المرض المقدس" إلا أن سبيل

BETTMAN/CORBIS - SPL/PHANIE - CDC/SPL



ما هي الميكروبات؟

الطبيب شارلز إيمانويل سيديو Charles Emmanuel Sédillot هو الذي جمع في خطابه الذي ألقاه في أكاديمية العلوم عام ١٨٧٨ تحت المسمى "ميكروبات" كل "الكائنات الحية المجهرية المنتشرة في الجو" في حين كانت تطلق عليها قبل ذلك تسميات مختلفة (الحيوانيات، النقاعيات، المخمرات، إلخ.). اليوم، في اللغة الدارجة، يجمع هذا المصطلح أيضاً كائنات أخرى شديدة التنوع، النقطة الوحيدة المشتركة بينها هي أنها لا ترى بالعين المجردة. هذا يشمل بوجه خاص الجراثيم (كائنات وحيدة الخلية دون نواة)، والأوالي (كائنات وحيدة الخلية لها نواة)، والفيروسات (المركبة من حموض نووية دنا DNA أو رنا RNA ضمن غلاف، والتي تحتاج إلى أن تقوم بعدوى خلايا حية لتتمكن من التكاثر).

البحث هذه لم تلبث أن أغلقت من قبل أرسطو الذي حدد موقع الروح على أنه القلب. فرضت هذه الرؤية نفسها عبر العصور الوسطى إلى أن سمح تطور علوم اللاهوت بتشريح جثث المحكومين بالإعدام، ودعت ثنائية (الجسد - الروح) التي روج لها رينيه ديكارت في القرن السابع عشر إلى اعتبار الجسد مجرد آلة نستطيع استكشافها. كما اعتبر المعرفة العميقة بالدماغ كعضو لا بد أن تُظهر الطابع الإلهي للروح البشرية. وهكذا وبمرور الزمن كان لمسعاه تأثير معاكس للنتيجة المرجوة فمع كشفه بمباضع الجراحين والمشرحين أصبح الدماغ شيئاً فشيئاً المشرف على التفكير الذي بدوره يصنع العقل. واعتبرت هذه القلعة لحما حيا وساخنا تجتازه الاهتزازات الكهربائية والمواد التفاعلية وهو ما جعلها تستسلم إلى أعتى أشكال الهجوم.

تقول سيلين شيريسي Céline Cherici المختصة في فلسفة المعرفة بجامعة بيكاردي- Picardie-Jules-Verne جول فارن في مدينة أميان Amiens : " يمكن اعتبار أن الدماغ أصبح، بدءًا من سنة ١٧٧٠م، عضوا لا يختلف كثيرا عن "باقي الأعضاء"، وذلك عندما وصفه جراح مدينة تورينو الإيطالية، فينتشنزو مالاكارني Vincenzo Malacarne كجزء من الجسم يمكن أن تلحق به أمراض شأنه شأن أي عضو آخر. في بدايات القرن التاسع عشر حين لم يزل الأطباء النفسيون يعزون الجنون إلى اضطراب في الروح، كان المؤمنون بالعضوية مثل أنطوان لوران جيسي بيل Antoine Laurent Jessé Bayle يقاربون بين علم الأمراض العقلية وعلم الأعصاب".

وقد توجب انتظار نهاية القرن التاسع عشر ليظهر الدماغ بشكل واضح كعضو حساس تجاه العدوى القادرة على المساس بالتفكير حيث كشفت أعمال لويس باستور عام ١٨٨١م أن حقن الكَلَب في دماغ حيوان يؤدي إلى إصابته بالمرض. وكان استنتاج باستور أن سلوك المرض متولد عن وجود "فيروس" تصعب معرفته في وقتها. اكتشف هذا الفيروس بعد ٢٢ عاماً. "في هذه الحقبة ومع نشوء نظرية أن الميكروبات هي سبب الأمراض تشجع العديد من الباحثين على التفكير بأن الجراثيم يمكن أن تكون السبب في العته المبكر وغيره من الاضطرابات النفسية"، ذلك ما يشير إليه الأمريكيان عالم الفيروسات العصبية الأمريكي روبرت يولكن Robert Yolken والطبيب

النفسي فولر توري Fuller Torrey في مقال نشر مؤخراً. وكانت البداية مع داء السيفلس حيث اكتشف الجرثوم المسبب له عام ١٩٠٥م. كذلك لاحظ بعض الأطباء أن الانفلونزا الأسبانية يمكن أن تسبب أحياناً اضطرابات ذهانية. في الوقت نفسه سريعاً ما أخذت الأبحاث حول المصدر المعدي لأمراض التعرّف موقعاً هامشياً.

> بعد فرويد وبعد علم الوراثة ها قد ظهرت أخيراً فرضية العدوى

في البداية ظهرت رؤية جديدة للشخص في الثلاثينات من القرن العشرين، أعادت نوعاً من الفصل بين الدماغ و"الفرد" النظرية الفرويدية. فرغم أن فرويد، الذي درس طب الأعصاب، لم ييأس من أننا سنجد يوماً طرق اللاوعي ضمن تشابكات العصبونات، إلا أن الرؤية التي أسسها في التحليل النفسي تحض على ترك البحث عن المسببات العضوية للاضطرابات العقلية، فهذه الاضطرابات من فعل تاريخ الفرد، واللاوعي، والكبت، والبنية النفسية والسياق الاجتماعي.

حدثت بعد ذلك انطلاقة الوراثة التي ركزت، منذ الخمسينات، على اكتشاف سبب معظم آلام الروح الغامضة ضمن ترتيبات خاطئة للدنا DNA العصبونات. وقد تم حتى يومنا ربط سلسلة من الطفرات بالفصام أو بالتوحد أو بمرض ألزهايمر دون أن تنشأ من ذلك حتمية حقيقية للنظرية الوراثية. إن ما يقدمه العلماء ليس سوى إشارات إلى وجود نزعات غير واضحة... وبالتالي يبقى المجال مفتوحاً أمام فرضية العدوى.

سبيل لم يتم أبدًا التخلي عنه

في الواقع لم يتم أبدًا التخلي بشكل كامل عن سبيل البحث المتجه نحو الميكروبات. على امتداد القرن العشرين أحصى الطب عدداً من الاضطرابات العقلية حدثت خلال أو إثر مرض معد، رغم أنه تمكن في حالات نادرة فقط من إنشاء علاقة سببية بين ميكروب محدد وأعراض عصبية أو سلوكية. "يلاحظ يولكن وتوري أنه منذ الثمانينات من القرن العشرين لم يتوقف الاهتمام بهذا المجال من البحث عن النمو" بل إن الحركة بهذا الاتجاه تسارعت بدءاً من عام ٢٠٠٠م. فكما تظهر الصفحات التالية، يتم تصور فرضية ميكروبية بشكل جدي لستة من الاضطرابات التي تصيب الروح.

إلا أنها لاتزال حتى الساعة فرضيات. إنها أبحاث أولية مستوحاة من مشاهدات طبية ووبائية. لكنها مع ذلك تشير بالإصبع إلى أكثر من مشتبه لازالت طريقة تأثيره عموما غير مؤكدة. في كل من هذه الحالات تحض الحجج المقدمة على التعمق أكثر في هذا السبيل، لأنه في حال إثبات صحة واحدة أو أكثر من هذه الفرضيات ستتغير التطلعات العلاجية بشكل جذري، فنحن نعرف كيف نعالج العديد من الأمراض المعدية بل أننا نعرف كيف نحتمي منها عبر اللقاحات! (انظر ص ٨٢) ولن تكون هذه هي المرة الأولى التي تسبق فيها العيادة السريرية العلوم الأحيائية في فهم آلام الروح، يشهد على ذلك أبقراط ومالاكارني.

استراتيجيات الميكروبات الثلاث لمهاجمة الدماغ

لم يعد الدماغ ذلك الحصن المنيع الذي كنا نعتقده. فرغم وجود طرق حماية نوعية، كالحاجز الدموي - لدماغي الذي يحد من عبور العناصر الخارجية من الدم إلى الخلايا الدماغية، تجد الميكروبات طرقاً لمهاجمة مركز التفكير. هذه طرق ثلاث في كيفية الهجوم أوضحها المختصون.

١- تقرصن بعض الميكروبات الجهاز العصبي عن بعد:

تستطيع بعض الميكروبات تعديل الفعالية الكهربائية للعصبونات بالتأثير على الأعصاب المحيطية.



M.SAEMANN



٢- تجتاح بعض الميكروبات الخلايا العصبية:
تصل بعض الميكروبات إلى الدماغ عبر الجملة الدموية. تعبر الحاجز الدموي - الدماغي وتدخل إلى الخلايا الدماغية حيث تشوش على فعاليتها من الداخل.
الخلايا العصبية المصابة
خلية عصبية
خلية نجمية
ميكروب
ميكروبات
عدوى ميكروبية
٣- ترسل بعض الميكروبات مواد كيميائية مشوشة:
تصدر بعض الميكروبات جزيئات تهاجر عبر الدم، وتعبر الحاجز الدموي-الدماغي وتؤثر على أغشية الخلايا الدماغية.
الخلايا العصبية في اضطراب
ميكروب
خلية عصبية
مواد كيميائية مشوشة
فعالية كهربائية معدّلة
ميكروبات تصيب الدماغ عبر الدم
ميكروبات تصدر مواد كيميائية مشوشة عبر الدم
ميكروبات تقرص العصبونات

الفصام (Schizophrénie)

ميكروبات يبدو أنها تدمر النمو العصبي

انطواء على النفس، ارتياب، خمول، هلوسات... كيف لميكروبات شائعة ذات سلوك بدائي وثابت أن تسبب تغييرات في الشخصية متعددة ومتطورة إلى هذا الحد؟ تبدو هذه الفرضية أشبه بالهذيان... إلا أنها تفسر عدداً كبيراً من حالات الفصام!.

لا شك أنه تم تحديد هوية عوامل خطورة أخرى سابقاً، مثل عشرات الجينات المؤهبة، والطفولة الصعبة تلك التي كان قضاؤها في وسط حضري، هناك أيضا الانتماء إلى أقلية، واستهلاك القنب. إلا أن الأدلة تتجمع لإضافة فيروسات، وجراثيم وطفيليات إلى لائحة هؤلاء الجناة.

أولى الأدلة لاتهام الميكروبات: أظهرت دراسات في الثمانينات علاقة احصائية بين وباء الأنفلونزا وولادة أطفال تتطور لديهم لاحقاً حالة فصام. تم ملاحظة نسبة مئوية مرتفعة لحالات الفصام لدى الأشخاص الذين ولدوا في نهاية الشتاء أو في الربيع، أو خلال هجمات وبائية شديدة للأنفلونزا. وقد

دفعت هذه النتائج الباحثين إلى وضع الفرضية التالية غير المنتظرة: عدوى شائعة بالأنفلونزا لدى الأم الحامل يمكن أن تكون أحد الأسباب التي تجعل طفلها، بعد عشرين عاماً أو أكثر، يسمع أصواتا...

تحدث حالات العدوى في جميع الأعمار

لتأكيد الفرضية درست بعض المخابر العلاقة بين وجود أضداد (عناصر هامة في التفاعل المناعي) ضد بعض الجراثيم المعدية في دم النساء الحوامل أو لدى حديثي الولادة، وبين تطور الفصام لدى الطفل لاحقاً. تراكمت النتائج الإيجابية بشكل غير متوقع: الأنفلونزا وأيضا داء المقوسات Toxoplasmose، والهربس herpès، والحصبة الألمانية rubéole، والحصبة rougeole، وشلل الأطفال poliomyélite... والعديد من الأمراض المعدية الفيروسية، أو الجرثومية، أو الطفيلية كلها تضاعف مرتين أو عشر مرات أو حتى عشرين مرة خطر أن يتطور لدى الطفل حالة فصام سيما عند حدوثها خلال الثلثين الأولين من الحمل.

كيف يمكن أن نفسر مثل هذا التنوع في المتهمين؟ يجيب دانييل غونزاليز - دونيا Daniel Gonzalez-Dunia، من جامعة بول ساباتيه في تولوز الفرنسية: "لأن المهم ليست طبيعة العنصر المعدي بل وقت حدوث العدوى". مهما كان نوع العدوى يبقى التفاعل الالتهابي (لدى الأم الحامل أو الجنين أو

الأعراض

يتصف الفصام بفوضى في الأفكار والسلوك، أو بهلوسات (غالباً سمعية)، أو بشعور بالاضطهاد أو بانطواء توحدي.

التواتر

يصيب ١٪ من إجمالي سكان العالم.



المقوسات الغوندية:

في عام ٢٠٠٥م عثر على تراكيز مرتفعة من الأضداد الموجهة ضد هذا الطفيلي المسؤول عن داء المقوسات في دم ٢٠,٦٪ من الأشخاص المصابين بالفصام، مقابل ١٠,٦٪ فقط لدى الأشخاص غير المصابين.



الكلاميديا Chlamydiae:

في عام ٢٠١١م تم العثور على الدنا النوعي للأنواع كلاميديا بسيتاكي Chlamydiae psitacci والكلاميدوفيلا الرئوية Chlamydophila pneumoniae في القشرة الجبهية لدى ٢٣,٥٣٪ من المصابين بالفصام مقابل ٥,٧١٪ فقط من الأشخاص غير المصابين.



دانييل غونزاليز- دونيا
Daniel Gonzalez-Dunia
باحث في جامعة بول ساباتيه في تولوز.

ليست طبيعة العنصر المعدي هي التي تهم بل الأهم هو وقت حدوث العدوى

حديث الولادة) هو المتهم بتحريض التأهب للفصام. هناك بوجه خاص البروتينات الالتهابية، السيتوكينات cytokines، التي يتم إنتاجها بكميات كبيرة فتسبب اضطراباً في نمو دماغ الجنين. من جهة أخرى كشفت عدة دراسات عن تشوهات تشريحية في مستوى الدماغ لدى الرضع الذين يصابون بالفصام بعد البلوغ.

إلى جانب العدوى الولادية أو في الفترة التي تلي الولادة هناك أمراض معدية أخرى تحدث خلال الطفولة ويمكن أن تعزز أيضاً ظهور المرض. في عام ٢٠٠٨م أظهرت دراسة في معهد كارولينسكا Karolinska المشهور في استوكهولم، شملت ١٢ مليون طفل سويدي، أن خطر الإصابة بالفصام أعلى بشكل طفيف لدى الأشخاص الذين أصيبوا خلال الطفولة ببعض الفيروسات ومنها الفيروس المضخم للخلايا cytomégalovirus والنكاف Oreillon. وهنا أيضاً نجد المتهم هو التأثير الضار للتفاعل المناعي على نمو الدماغ.

والظاهر أن الدماغ البالغ لا يبدو هو الآخر في معزل عن هذا الداء وحتى إن كانت الفرضية هنا أقل تأييداً، فإن عدد المتهمين يتضاعف: فيروس داء بورنا (انظر العدد ١٠٦٦، تموز/يوليو ٢٠٠٦)، الفيروس المضخم للخلايا، طفيل داء المقوسات... فقد تم العثور على جينومات عدة ميكروبات أو على أضداد لها في دم أو دماغ الأشخاص المصابين بالفصام. هذه هي حالة جراثيم الكلاميديا Chlamydiae التي عثر عليها رودولف وانك Rudolf Wank من جامعة ميونيخ "في دم ٤٠٪ من المصابين بالفصام مقابل ٦٪ فقط من الأشخاص الأصحاء". تم مؤخراً اتهام الملوية البيلورية Helicobacter pylori الجرثوم المسؤول عن القرحات الهضمية.

كيف تستطيع هذه الميكروبات أن تسبب الاضطراب في دماغنا؟ بالإضافة إلى آليات الالتهاب يعتقد أن بعضها يخرب الخلايا الدماغية من الداخل. ويبقى ذلك بانتظار التوضيح.

التوحد (Autisme)

جراثيم معوية تسبب اضطراب الفعالية الدماغية

لماذا ينقطع بعض الأطفال في عامهم الثاني عن العالم ليصبحوا من نطلق عليهم اسم المتوحدين؟ لا يزال الأطباء يضعون في المقدمة أسباباً وراثية متعددة وذيفانات toxines من البيئة لم يتم تحديد هويتها بعد، ومع ذلك يبدو أن الفرضية القائلة بأن المرض هو نتيجة الإصابة بعدوى عادت لتظهر في الوقت الحالي. بالفعل في عام ١٩٩٨ تم إلقاء التهمة على اللقاح الثلاثي (الحصبة، النكاف، الحصبة الألمانية) الذي يعطى للأطفال في عامهم الثاني. إلا أنه اتضح أن جميع المعطيات التي تشير إلى وجود صلة بين اللقاح وحدوث التوحد تم التلاعب بها. منذ هذه الفضيحة أصبحت نظرية العدوى من المحرمات. علماً أن رقماً ظهر في التسعينات، وتم نفيه وتأكيده مراراً، لا يزال يقلق بعض الخبراء: ٤٣٪ من أمهات الأطفال المتوحدين أصبن بعدوى (تنفسية، بولية، مهبلية...) خلال فترة الحمل، مقابل متوسط عام لا يتجاوز ٢٦٪. "من الممكن أن يكون التوحد نتيجة عداوى متكررة قبل وبعد الولادة" حسب روبرت برانسفيلد Robert Bransfield، طبيب نفسي في ريد بانك Red Bank (الولايات المتحدة). ويضيف: "نحن نعلم بالفعل أن التفاعلات المناعية قادرة على تغيير النمو الطبيعي للدماغ."

أي نوع من العدوى؟ رغم ذكر أسماء العديد من الفيروسات، إلا أن الجراثيم، وتحديداً الجراثيم التي تستوطن الأمعاء، هي موضع الاتهام في الوقت الحالي. هناك فرضية اقترحت في نفس السنة التي اقترح فيها اللقاح الثلاثي، ١٩٩٨م، وترجع إلى الأمريكية إيلين بولت Ellen Bolte، وهي متطوعة في المشافي وأم لطفل متوحد. انطلاقاً من ملاحظاتها الخاصة ومن بحث بيبليوغرافي، اقترحت أن المرض يمكن أن يكون نتيجة خلل في توازن الفلورا المعوية وزيادة في نسبة جرثومة الكزاز، المطثية الكزازية Clostridium tetani، المعروفة بإنتاجها لذيفان يهاجم الدماغ مباشرة. لا يزال هذا السيناريو موضع تكهنات غير أن ماكارتني Anne McCartney المنتسبة لجامعة ريدينغ Reading (بريطانيا) تؤكد: "يبدو أن الفلورا المعوية لدى المتوحدين مختلفة إلى حد ما مع زيادة ملحوظة بوجود الجراثيم من جنس المطثيات". ومن جهتها أشارت دراسة أخرى بإصبع الاتهام إلى الضمات نازعة الكبريت Desulfovibrio، لكن الحالتين تعرف الجراثيم المشار إليها بقدرتها على إنتاج عدد كبير من المركبات السامة التي تصيب الدماغ عند إطلاقها في الأوردة. تدعم دراسات حديثة هذه الفرضية الجرثومية، حيث أظهرت أن تلقي أطفال متوحدين لعلاج بالمضادات الحيوية غير من سلوكهم: اتسعت مفرداتهم، وأصبحوا أكثر هدوءاً، وأبدوا تحسناً من الناحية العاطفية... تحسنات تزول مع انتهاء العلاج.

تبقى هذه الدراسات موضع نقد لشمولها على عدد قليل جداً

الأعراض

يتصف التوحد بمشاكل في التعرّف، وبصعوبات اجتماعية، وبسلوكيات متكررة...

التواتر

يصيب أكثر من طفل من ألف (توحد كامل)، وأكثر من ٦ بالألف (طيف توحدي واسع).



الضمات نازعة الكبريت Desulfovibrio:

في عام ٢٠١٠م كان عدد الجراثيم من نمط الضمات نازعة الكبريت Desulfovibrio التي عثر عليها في براز الأطفال المتوحدين أكبر بـ٨,٦ مرة (٠,٢٧٦٪ من الفلورا المعوية لديهم) منه لدى الأطفال غير المرضى (٠,٠٣٢٪ من الفلورا المعوية لديهم).

داء باركنسون (Parkinson)

ذيفانات تنخر الجهاز العصبي

مـاذا لـو كان داء باركنسـون في نهايـة الأمـر نتيجـة لعدوى معويـة؟ هذه هـي الفكـرة التـي يدافـع عنهـا طبيـب الأعصـاب الألمانـي هايكـو بـراك Heiko Braak وطبيـب الهضـميـة الأسـترالـي تومـاس بـورودي Thomas Borody (انظر Science & vie عدد نوفمبر ٢٠١١، الصفحة ٩٨). يدعم هـذه الفرضـية نوعـان من المشـاهدات: أولاً، غالباً ما تحدث آفات وصفية للمرض بدايـة في عصـبونات المعـي قبـل أن تبلغ الدمـاغ. ثانياً تراجعت الأعراض بفضـل علاج بالمضـادات الحيوية لدى سبعة من ثمانية مرضـى متابعين مـن قبل الطبيب الأسـترالي. يعتقد عدد مـن الباحثين أن الانحطاط العصـبي وتقدمـه يعزيان إلى ذيفان تصـدره الجراثيم المعوية. يسـبب هذا الذيفان اضـطراباً في تنظيم بروتين معـين فيتراكـم في العصـبونات حتـى تخريبهـا. وحتى السـاعة لم تتـم تحديد هوية هذا الذيفان. **ماتيو نوفاك**

المطثية الصعبة :Clostridium difficle

في عام ٢٠٠٨م عرفت حالة مريض مصـاب بـداء باركنسـون تحسناً ملحوظاً إثر تلقيه لمضاد حيوي ضد المطثية الصعبة، عندما وصف له لإصابته بالإمساك. أظهر بعدها هذا العلاج فعاليتـه لـدى ٧ مـن أصل ٨ مرضى تلقوه.

آن ماكارتني
Anne McCartney
أستاذة في جامعة ريدينغ (بريطانيا).

يبدو أن الفلورا المعوية لدى المتوحدين مختلفة إلى حد ما

مـن الحـالات. اقـترح بعض الأطباء الأمريكيـين حـلاً يوفـق بـين هـذه الفرضـية والفكـرة العامـة التـي تريد أن تكـون العوامل الوراثيـة هي الفاعل الأول في التوحـد. فقـد لاحظـوا أن الأطفـال المتوحدين الذيـن يعانون من اضـطرابات هضـمية يحملـون أيضـاً شذوذات على مستوى الجينات المسؤولة عن هضم السكريات وامتصاص المواد الغذائيـة. شـذوذات يمكـن أن تكـون مسؤولة عن تشـكل فلورا جرثومية غير طبيعية. أي أنه يمكن لمشـكلة جرثومية أن تختبـئ بالفعـل وراء هـذه العوامـل الوراثية. **ماتيو نوفاك**

EMSL.PNL - BSIP - PROFOCUS

ألزهايمر (Alzheimer)

فيروسات تحرض تشكل اللويحات الشيخية

ميكروبات لتفسير مرض ألزهايمر؟ في الواقع هذه الفكرة قديمة قدم وصف المرض لأول مرة تقريباً! في عام ١٩٠٦م تحدث طبيب الأعصاب الألماني أليوس ألزهايمر Alois Alzheimer لأول مرة عن ارتباط بين العته والشذوذات الدماغية. في الصف الأول لهذه الشذوذات تأتي اللويحات الشيخية plaques séniles، التي أصبحت أحد المعايير الأساسية للتشخيص كونها ترى بوضوح بالمجهر. نعرف اليوم أنها عبارة عن تكتلات بروتينية من البيتا أميلويد، إلا أن طبيعتها كانت مجهولة في تلك الفترة. في عام ١٩٠٧م رأى طبيب الأعصاب أوسكار فيشر Oscar Fischer أن هذه التكتلات يمكن أن تكون مبنية من الجراثيم. إلا أن الأدلة كانت تنقصه وتعرض لنقد عنيف لدرجة أن فيشر تراجع عن فرضيته في عام ١٩١٢م... بعد قرن لا تزال فرضية العدوى خارج الأعراف والمدافعون عنها مهمشين. إلا أنهم قاموا بتجميع الأدلة وحددوا هوية أكثر من مشتبه.

الأعراض

يتصف مرض الزهايمر بفقدان للذاكرة، والارتباك والاضطرابات في المزاج والعواطف وفي الكلام، وفقدان للاستقلالية...

التـواتـر

يصيب ١-١٠٪ من الأفراد الأكبر من ٦٥ سنة.

عدوى مشتركة

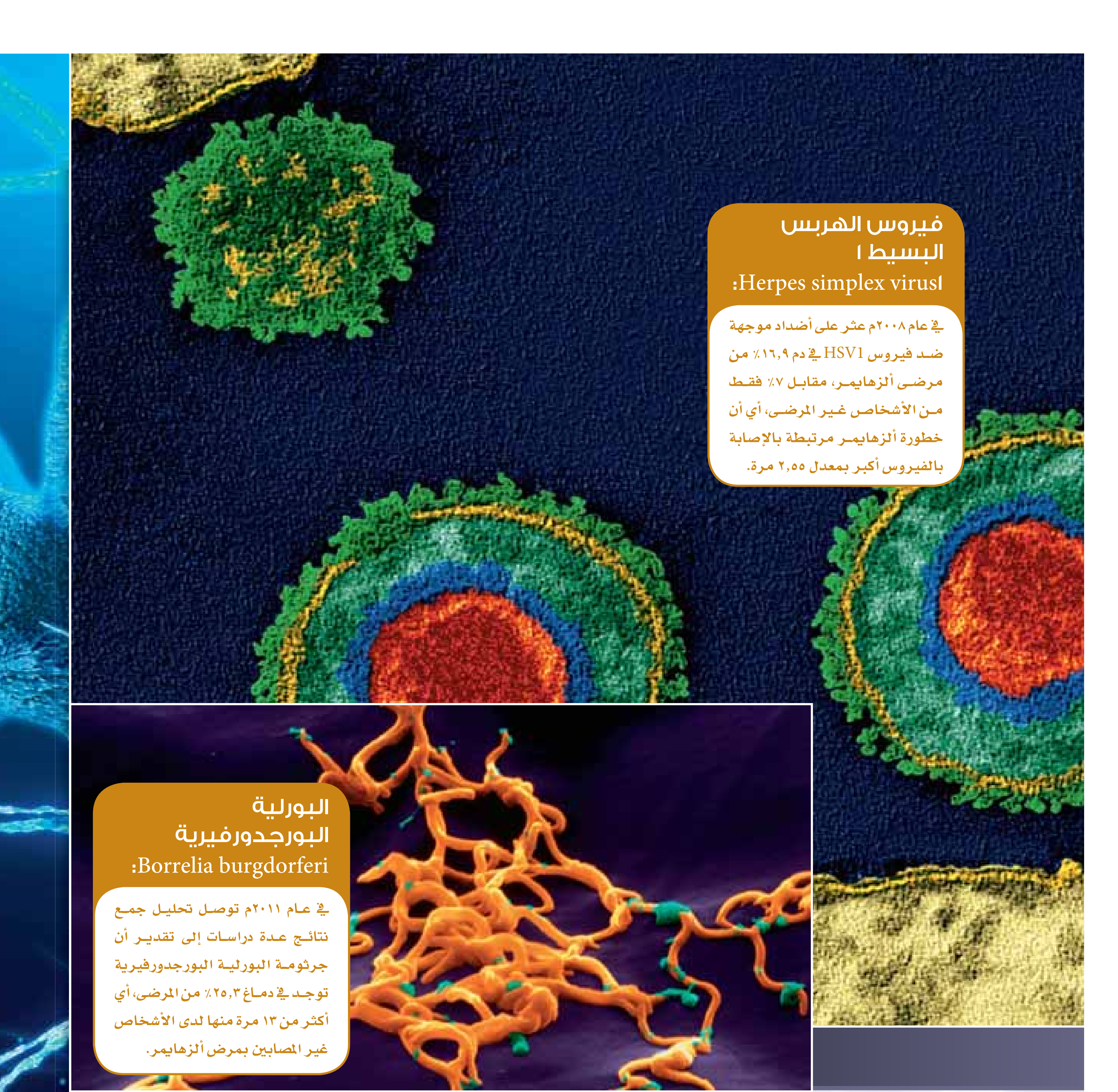
أول عامل عدوى هو فيروس شائع للغاية: فيروس الهربس البسيط١ Herpes simplex virus1 (HSV1)، المسؤول تقريباً عن جميع حالات الهربس الفموي. حسب مناطق العالم، يصيب الفيروس بين ٦٥٪ و٩٠٪ من السكان. هذا الفيروس مخادع ويستطيع أن يبقى مختبأً طيلة حياة الشخص المصاب. غير أن تشريح أدمغة الأشخاص المسنين أظهر وجوده المرتفع، لاسيما في المناطق التي نشاهد فيها انحطاط عصبي واسع. وهو أكثر ندرة لدى الشباب، لعله إذاً يستفيد من ضعف الجهاز المناعي العائد إلى الكبر ليتمكن من استعمار الدماغ؟ وفي هذا السياق تقول روث إيتزهاكي Ruth Itzhaki الباحثة في جامعة مانشستر البريطانية: "يمكن للفيروس أن يعود إلى النشاط بعد سكون وذلك عبر توتر أو عدوى، فيبدأ عندها بالتكاثر في بعض مناطق الدماغ ملحقاً الضرر بالعصبونات، سواء مباشرة أو عبر ظاهرة الالتهاب." من ناحية أخرى يبدو أن فيروس الهربس يتفاعل مع جين (APOE) الموجود لدى الأشخاص الذين يعتبرون أكثر عرضة للإصابة بمرض ألزهايمر.

يشير باحثون آخرون إلى مسبب جرثومي، من عائلة الملتويات spirochètes التي نجد ضمنها العامل المسؤول عن السفلس (اللولبية الشاحبة Treponema pallidum)، أو عن داء لايم (البورلية البورجدورفيرية Borrelia burgdorferi). ذلك أن هذه الملتويات التي لا نجدها في الدماغ السليم، توجد في أدمغة ٩٠٪ من مرضى ألزهايمر! "وبهذا الصدد تقول جوديت ميكلوس Judith Miklossy، مديرة مركز الأبحاث العالمي حول ألزهايمر (سويسرا): تثير هذه الجراثيم الاضطراب بشكل خاص لأن مجرد وجودها يؤدي إلى تشكل اللويحات الشيخية"، ومن بين المشتبهين الآخرين

روث إيتزهاكي
Ruth Itzhaki
أستاذة في جامعة مانشستر (بريطانيا).

ساكناً، يمكن أن يعاد تنشيط الفيروس عبر توتر أو عدوى، فيبدأ عندها بالتكاثر

J.PARKER LEE - EYE OF SCIENCE/PHANIE - EYE OF SCIENCE/SPL/COSMOS



فيروس الهربس البسيط ١
:Herpes simplex virus1

في عام ٢٠٠٨م عثر على أضداد موجهة ضد فيروس HSV1 في دم ١٦,٩٪ من مرضى ألزهايمر، مقابل ٧٪ فقط من الأشخاص غير المرضى، أي أن خطورة ألزهايمر مرتبطة بالإصابة بالفيروس أكبر بمعدل ٢,٥٥ مرة.

البورلية البورجدورفيرية
:Borrelia burgdorferi

في عام ٢٠١١م توصل تحليل جمع نتائج عدة دراسات إلى تقدير أن جرثومة البورلية البورجدورفيرية توجد في دماغ ٢٥,٣٪ من المرضى، أي أكثر من ١٣ مرة منها لدى الأشخاص غير المصابين بمرض ألزهايمر.

نذكر الجراثيم (لاسيما الكلاميديا الرئوية) أو الفيروسات (كفيروس التهاب الكبد C أو الفيروس المضخم للخلايا). يتحدث الباحثون في هذه الحالة عن عدوى مشتركة، يمكن إذاً أن تلعب جميع هذه الميكروبات دوراً، ويبقى أن يتحدد أيها يأتي في المرتبة الأولى.

أين اللويحات الشيخية من هذا؟ كشف باحثون أمريكيون عام ٢٠١٠م أنها عبارة عن "ببتيدات (هَضَميدات) peptides مضادة للميكروبات" يفترض أنها تحارب الفيروسات والجراثيم التي تصيب الدماغ. بمعنى آخر ما نعتبره منذ أكثر من مئة عام الصفة المميزة رقم واحد لمرض ألزهايمر يمكن أن يكون الدليل على استجابة للعدوى! تسمح هذه الفرضية بفهم فشل العلاجات التي تستهدف تجمعات البيتا أميلويد. لن تكون هذه أول مرة يعاد فيها تصنيف مرض مزمن على أنه مرض معد. توضح جوديث ميكلوسي هذا الأمر بقولها: "هناك الكثير من النقط المشتركة بين ألزهايمر والسفلس، كلاهما يؤديان إلى العته ويتصفان بانحطاط عصبي وبتراكم لييفات بروتينية. وقد احتاج إثبات تورط الجرثومة اللولبية الشاحبة إلى عدة سنوات."

اليوم يتم علاج السفلس بالمضادات الحيوية. وبإمكاننا أن نفهم إذًا كيف لنا أن نحلم بعلاج بسيط لمرض ألزهايمر. **ماتيو نوفاك**

الاكتئاب (Depression)

جراثيم تخل بجهاز الاستجابة للتوتر

لننس مواقع النجوم، هل يمكن لمزاجنا أن يتأثر.... جراثيم أمعائنا. هل تملك هذه الميكروبات، التي تستعمر أحشاءنا وتساهم في حسن عمل عضويتنا، القدرة الرهيبة على تحديد تأهبنا للاكتئاب. نعلم منذ زمن أن هناك علاقة بين الأمعاء وهذا المرض: غالباً ما يترافق الاكتئاب باضطرابات هضمية، ويمكن أن تملك مضادات الاكتئاب أثراً علاجياً على هذه الاضطرابات. إلا أننا كنا نعتقد أن هذه الصلة تتحقق عبر عصب، يدعى العصب المبهم، يصل مباشرة بين الدماغ وخلايا جدار المعي، ولا يؤثر إلا باتجاه واحد: من الدماغ المريض إلى الأمعاء. غير أنه يبدو أن العكس يحدث أيضاً. فقد أظهرت دراسات حديثة للغاية قدرة الجراثيم المعوية على تعديل استجابتنا للتوتر إلى درجة إثارة التناقضات في دماغنا وحول مشاعرنا. أظهر فريق إيرلندي- كندي العام الماضي أن تناول جرعات معتدلة من جراثيم البروبيوتيك من نمط العصيات اللبنية Lactobacillus يسبب لدى الفئران سلوكاً أقل قلقاً وأكثر استجابة، مع انخفاض مستوى هرمون مرتبط بالتوتر، يدعى الكورتيكوستيرون، في دمها. يقول مدير الأشغال جون كريان John Cryan: "يفقد تأثير الفلورا المعوية هذا عندما يقطع العصب المبهم الذي يصل الأمعاء بالدماغ"، هكذا تغير الجراثيم المعوية الاستجابة للتوتر بتأثيرها مباشرة على الجهاز العصبي. لتحقيق ذلك تقوم بإنتاج جزيئات قادرة على عبور مخاطيات الأمعاء والتأثير على فعالية العصبونات المتصلة بالأمعاء. يمكن أن يكون لتأثيرها المفيد على الاستجابة للتوتر جزء غير مباشر لأن الفلورا المعوية المتوازنة تحد من ظواهر الالتهاب، التي يمكن أن تؤذي الدماغ.

تم إظهار نمط آخر من التأثير عام ٢٠١١م إذ أظهرت دراسة أجريت في جامعة ماكماستر، في كندا، أن فئراناً قضت الأسابيع الأولى من حياتها بدون فلورا معوية قد طورت سلوكاً قليل القلق بشكل غير طبيعي.. إنها نتيجة تثير الدهشة، لكنها تؤكد، حسب جان فوستر Jane Foster مديرة الأعمال، " الصلة بين الجراثيم المعوية والنمو الطبيعي لجهاز الاستجابة للتوتر". ومن ثمّ تبدو هذه الجراثيم ضرورية خلال الأشهر الأولى من الحياة من أجل النمو الجيد لشبكة الأعضاء والخلايا والجزيئات التي تدخل في الإدارة الفيزيولوجية للتوتر، وهي الآلية التي يمكن أن يعزز الإخلال بها الاكتئاب. وهكذا يبدو أن نزول المعنويات إلى الحضيض، يمر عبر...الأمعاء. **إيلزا عبدون**

الأعراض

يمكن أن يتصف الاكتئاب بفقدان الاهتمام والمتعة، الشعور بالذنب، اضطرابات في النوم والشهية، التعب، مشاكل في التركيز...

التواتر

يصيب ٣٪ من إجمالي سكان العالم.



الإشريكية القولونية :Escherichia coli

في عام ٢٠١١م وضعت الصلة بين الفلورا المعوية، التي تخل بها أحياناً الإشريكية القولونية، وبين الاستجابة للتوتر. عند إخضاعها للتجربة أظهرت الفئران مستويات أقل ارتفاعاً من الكورتيكوستيرون (هرمون مرتبط بالتوتر) عند تناولها لبروبيوتيك من المفترض أنه يقوي الفلورا المعوية.

السكتة الدماغية (الحادث الدماغي الوعائي) (AVC)

عداوى فموية سِنّية يمكن أن تخنق الدماغ

يمكن تجنب الحوادث عادة، إلا أن هذا ليس صحيحاً دوماً في حالة الحوادث الوعائية الدماغية (السكتات): في عام ٢٠١١م أظهر أطباء يابانيون أن ثلث حالات النزيف الدماغي- الشكل الأكثر خطورة للسكتة الدماغية- يمكن أن تكون نتيجة مباشرة لعدوى جرثومية! والجراثيم المسؤولة هي جراثيم نألفها جيداً لأنها السبب في تسوس الأسنان: العقديات الطافرة Streptococcus mutans، الموجودة بشكل دائم في الفم لدى ٨ إلى ١٠٪ منا. غير أن إحدى السلالات الأكثر ندرة لهذا الجرثوم، السلالة "K" توجد لدى ٢٧٪ من ضحايا النزيف الدماغي. أخذت هذه الفكرة التي تجعل لنظافة الفم والأسنان تأثيراً على المشاكل القلبية الوعائية أبعادها منذ حوالي عشر سنوات. ولا تزال آلياتها غير مفهومة بشكل جيد. في ربيع ٢٠١١م، أظهر فريق فرنسي من المعهد الوطني للصحة والبحث الطبي Inserm أن جراثيم توجد على مستوى اللثة، مثل بورفيروموناس جنجيفاليس Porphyromonas gingivalis، يمكن أن تدخل ضمن الدورة الدموية وتسبب في تمدد الأوعية الدموية. نعرف اليوم أن التهابات اللثة العائدة إلى الجراثيم يمكن أن تكون مرتبطة بانسداد الأوعية وعدم تغذية جزء من الدماغ.

أما اليابانيون فركّزوا على النزيف الدماغي، السبب الثاني للعتة بعد ألزهايمر. ما هو السيناريو؟ تعبر الجراثيم في حالة الجروح المجهرية (عند تفريش الأسنان مثلاً). يلتقط جهازنا المناعي معظمها إلا أن بعضها تتمكن من الهرب. وتشكل عشاً لها خلال بضع ساعات في المناطق المخربة من الأوعية الدموية، حيث تتعرف عليها بفضل الألياف التي تضمن البنية الفيزيائية للأوعية. فقد أظهر الباحثون أن السلالات الجرثومية المشتبهة تملك خاصية إنتاج بروتين يرتبط بالكولاجين CBP (Collagen-binding protein)، القادر على الالتصاق تلقائياً بهذه الألياف... جراثيمها تمنع ميكانيكياً عملية الإصلاح التي تقوم بها الصفيحات. وهكذا تنتهي بعض الأوعية الدموية التي تغذي الدماغ بالانثقاب ويغمر الدم بعض مناطق الدماغ ويخربها. ويستخلص الكاتب كويشيرو وادا Koichiro Wada: "نستطيع أن نحدد الأشخاص المعرضين للخطر من خلال البحث في فمهم عن وجود السلالة المسببة". **ماتيو نوفاك**



العقديات الطافرة Streptococcus mutans:

في عام ٢٠١١م عثر على سلالة العقديات الطافرة Streptococcus mutans التي تمتلك البروتين CBP في فم ٢٧٪ من المرضى الذين أصيبوا بسكتة دماغية نازفة، مقابل ٨،٥٪ فقط من الأشخاص من نفس العمر والذين لم يتعرضوا لمثل هذا الحادث.

الأعراض

تختلف أعراض السكتة الدماغية حسب الأذية (فقدان القدرة على الحركة، على الإحساس، الوفاة).

التواتر

تمثل السكتات الدماغية سبب الإعاقة الأول في فرنسا، السبب الثاني للعتة والسبب الثالث للوفاة.

S.SCHULLER/SPL/COSMOS - EYE OF SCIENCE/PHANIE

عهد علاجي جديد؟

ألزهايمر، التوحد... إذا كانت عبارة عن أمراض معدية فقد نستطيع اقتراح علاجات فعالة. إنها ثورة حقيقية.

تصاب أفكارنا بالعدوى. وَعْيُنا بالقرصنة. مشاعرنا بالفيروسات. شأننا في ذلك شأن اكتشاف دوران الأرض حول الشمس منذ ٥٠٠ عام، الذي حوّل كوكبنا من مركز العالم إلى مجرد ذرة غبار في الكون، أو شأن نظرية التطور منذ ١٥٠ عاماً،التي تعتقد أن الجنس البشري ماهو إلا رتبة كغيره في عالم الحيوان. إن فرضية الدور المخادع الذي تلعبه الميكروبات للتأثير على فكر الإنسان يمكن أن تظل منقوشة من جديد في تاريخنا بوصفها نقطة ضعف مرعبة، إذ كيف يمكن لنا تفسير إصابة دماغنا بملايين الهجمات؟ كيف نتقبل فكرة أن جراثيم بسيطة يمكن أن تكون السبب في خروجه عن سبيله؟ كيف يمكن ألا يكون عذاب أرواحنا تعبيراً عن عقوبة إلهية أو نتيجة مس أجسادنا من قبل روح شريرة... وإنما عرض إصابة بالعدوى عبر ميكروبات لا قيمة لها، مجردة من جميع أشكال التفكير؟

إلا أن ما يبدو نقطة ضعف جديدة يمكن أن يكون فرصة رائعة. ذلك أنه إذا تبين أن دماغنا يتعرض لهجوم الفيروسات والجراثيم، إلا أنه قوي بما فيه الكفاية ليتعلم الدفاع عن نفسه! فمن فضل هذه الكتلة الهشة من الخلايا، الحساسة لأقل خلل، أنها جعلتنا ننتج ذخيرتنا الحالية من المضادات الحيوية ومضادات الفيروسات واللقاحات. وهكذا فإن الفرضية الميكروبية تحمل الأمل في التوصل إلى علاجية نمتلك زمامها بشكل كامل لأمراض عقلية غير مفهومة فهمًا جيدا، وبالتالي لا يتم علاجها بشكل جيد! أمام ألزهايمر، التوحد، الفصام وأيضاً الاكتئاب والسكتة الدماغية... تتفتح حقبة علاجية جديدة ضد جميع هذه الطواعين الحديثة، حقبة يستعيد فيها الإنسان السيطرة على عقله.

علاجات متوافرة قبل اليوم...

لقد حان الوقت للتحرك لأن العلاجات المقترحة ضد هذه الاضطرابات أبعد ما تكون عن المثالية. بما أن الأسباب الحيوية لهذه الأمراض غير معروفة فإن الأدوية، (معظمها اكتشف بالصدفة)، لا تصل، في أحسن الأحوال، إلّا إلى الحد من الأعراض، لا سيما عبر زيادة نقل بعض الرسائل الكيميائية بين العصبونات. وتبقى فعاليتها محدودة جداً. والملاحظ أن لمضادات الذهان التي توصف للمصابين بالفصام تأثيرات جانبية هامة، كما تتناقص تأثيرات أدوية داء باركنسون بشكل متزايد مع تقدم المرض، ومن جهة أخرى تم مؤخراً وصف أدوية مرض ألزهايمر من قبل الهيئة العليا للصحة على أنها تقدم خدمة دوائية "ضعيفة"، ومن المعلوم أنه لا توجد أدوية ضد التوحد، وأنه "لا يستجيب ثلث المكتئبين لأي علاج"، حسب جان فوستر، Jane Foster من جامعة ماكماستر في كندا.

فمما لا شك فيه أنه بمجرد تأكيد الفرضية الميكروبية ستتغير المعطيات بشكل جذري لأنها وإن لم تغير من أهمية العوامل الوراثية والاجتماعية في ظهور

في حين لا يوجد علاج مؤكد الفعالية ضد أمراض الدماغ، يمكن لمضادات حيوية بسيطة أو للقاحات أن تقضي على الداء.

K.REDINGER/CORBIS



أمراض الدماغ، فإنها تكشف عاملاً آخر من الأسهل بكثير إزالته. يمتلك الأطباء العديد من الأسلحة ضد الميكروبات. ليس من الواجب إذاً استثمار مليارات اليوروات وعشرات السنين في البحث عن جزيئات جديدة نوعية لهذه الأمراض العقلية شديدة التعقيد.. الحل موجود مسبقاً في الصيدلية! مضادات حيوية، مضادات فيروسات.. بقضائها على الميكروبات لا تسمح فقط بإزالة الأعراض، بل تهاجم مباشرة سبب هذه الأمراض.. وبالتالي تشفيها!.

وهكذا هل نستطيع أن نتخيل جدياً بأن تناول المضادات الحيوية أو أدوية البروبيوتيك (مركز من الجراثيم الموجودة في الفلورا المعوية السليمة) يمكن أن يشفي، حسب الرغبة، حالة من الاكتئاب أو داء باركنسون أو حتى حالة من التوحد مرتبطة بتغير في الفلورا المعوية (انظر ص ٧٧).

وبهذا الشأن تقول جان فوستر بغبطة: "استهداف الفلورا المعوية سيسمح بزيادة فعالية العلاجات، بل باقتراح علاجات جديدة!". كذلك فإن تناول المضادات الحيوية يمكن أن يزيل الجراثيم الموجودة في أدمغة المرضى المصابين بألزهايمر. أما الأدوية المضادة للفيروسات فحتى لو لم تتمكن من إزالة الفيروسات بشكل كامل من العضوية، فإنها تستطيع أن تبطئ بشدة تضاعفها، ومن ثمّ تكبح تقدم أمراض مثل الفصام أو ألزهايمر، في حالة ما كانت هذه الأمراض راجعة إلى عداوى فيروسية لدى البالغ.

... ووسائل للوقاية

أظهر فريق روث إيتزاكي مؤخراً، في مانشستر (بريطانيا)، أن الخلايا المصابة بفيروس الهربس تنتج كميات أقل من البروتينات التي تشكل اللويحات الأميلويدية، المشاركة في مرض ألزهايمر، وهذا بعد علاجها بالمضاد الفيروسي أسيكلوفير حيث تؤكد روث إيتزاكي: "تستطيع مضادات الفيروسات أن تحد من تقدم المرض بشكل أكثر فعالية من العلاجات الحالية، بالإضافة إلى أن الأسيكلوفير ليس خطراً ولا غالي الثمن." من جهة أخرى فمن غير الممكن تطبيق ذلك في حالات التوحد أو الفصام الراجعة إلى إصابات بالعدوى في الفترة التالية للولادة أخلّت بالنمو الدماغي، لأن الميكروبات تكون قد سببت الأضرار



يؤثر مضاد فيروسي (أسيكلوفير) على الخلايا المصابة بفيروس الهربس: تراجعت اللويحات الأميلويدية (في الأعلى)، المشاركة في مرض ألزهايمر، بعد العلاج.

حلول جاهزة

يمكن علاج مرض ألزهايمر بمضادات الفيروسات أو المضادات الحيوية. ويمكن لتلقيح النساء الحوامل أن يقي من بعض الأمراض المعدية بعد الولادة والتي تشكل عوامل خطورة للفصام والتوحد.

مسبقاً عندما يتم تشخيص المرض.

وهكذا لا يفتح مفهوم العدوى الطريق أمام آفاق جديدة للشفاء فحسب، بل يمنح بريقاً لإمكانية الوقاية من ظهور الأمراض. وهو أمل كبير جداً لا سيما أن نسب وقوعها يزداد بسبب ازدياد عمر السكان، ولأن الوقاية منها غير موجودة تقريباً ذلك أن عوامل الخطورة المتعرف عليها هي بشكل أساسي اجتماعية ووراثية لا يستطيع الفرد تغييرها. على العكس من ذلك يمكن تماماً حماية أنفسنا من العدوى. الأنفلونزا، شلل الأطفال، الحصبة، الحصبة الألمانية، النكاف... يتوافر العديد من اللقاحات ضد هذه الأمراض. إذا ما تم تأكيد أن هذه الأمراض تزيد من خطر تطور بعض أمراض الدماغ فإن هذه اللقاحات ستصبح ذات فائدة غير منتظرة: حماية صحتنا العقلية! يمكن اقتراح بعض اللقاحات على النساء اللواتي يخططن للحمل، وذلك لتجنب الإصابة بعدوى في - الفترة التالية للولادة - قد تشكّل عوامل خطورة للفصام أو التوحد.

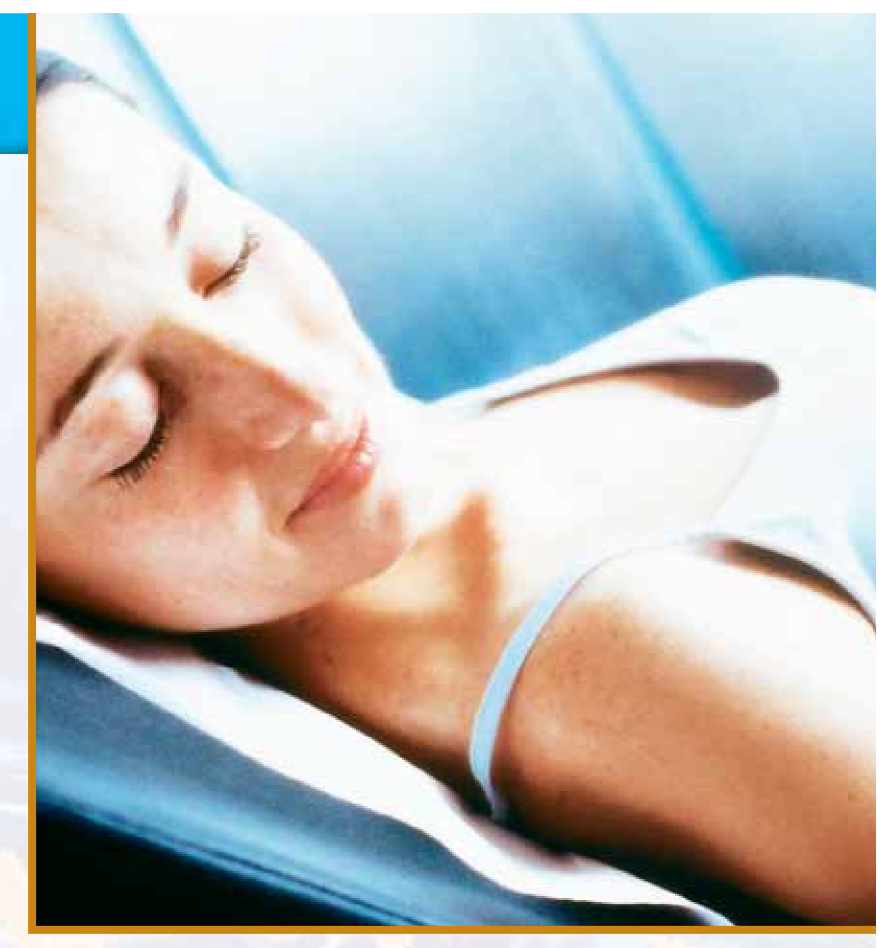
كما أن الوقاية من بعض الأمراض المنتقلة جنسياً، كالهربس أو السفلس، يمكن أن يصبح وسيلة لوقاية الدماغ.

كما لا ننسى أن نظافة جيدة للأسنان تحد من خطر عبور الجراثيم المسوسة للأسنان إلى الدم، وستكفي لإنقاص خطر السكتة الدماغية. أظهرت جمعية القلب الأمريكية مؤخراً أن إزالة الترسبات السنية تترافق مع نقص هام في السكتة الدماغية ناقصة التروية. يعمل كواشيرو وادا، المنتسب لجامعة أوساكا، أيضاً على "عُدَّة" لكشف السلالات الجرثومية الخبيثة، ليتمكن الأشخاص المصابون من تناول المضادات الحيوية قبل إجراء عمليات جراحية سنية من الممكن أن تزيد من سهولة عبور هذه الجراثيم إلى الدم".

لا وجود لعدوى مباشرة

تأتي الجراثيم الرئيسية التي تخل بالفلورا المعوية بشكل أساسي من مصدر غذائي. إن تناول البروبيوتيك، إذا ما تم إثبات أنه يحسن من الفلورا المعوية، سيكون بدون شك وسيلة للحماية من ارتفاع خطر الاكتئاب، أو الفصام أو داء باركنسون المرتبطة بالعدوى بهذه الجراثيم الممرضة.

سؤال: إذا كانت الميكروبات مسؤولة عن الأمراض العقلية، ألا يمكن أن يكون تجنب الالتماس مع الأشخاص المصابين وسيلة للوقاية؟ الإجابة دون تردد هي لا. فالقول إن عداوى يمكن أن تسبب أمراض الدماغ لا يعني أن هذه الأمراض



بحـد ذاتها معدية. لم تُظهر أية دراسـة ارتفـاع خطر الإصـابة بهـذه الأمراض لـدى الأشـخاص الذيـن يعيشـون قرب مرضـى. هذه الظاهرة تبدو متناقضـة إلا أنها سـهلة التفسير. أولاً فالميكروبات لا تسـبب أمراض الدماغ بشكل منهجي، بل تلعب العوامل الوراثية والاجتمـاعية أيضـاً دوراً هاماً. فمثـلاً لا يحمل بعض الأشـخاص المصـابين بالفصـام أو بألزهايمـر أي عـدوى خاصـة في حـين يحملها أشـخاص غير مرضى. من جهة أخـرى يمكـن لهـذه الأمراض المعديـة أن تحـدث قبل ظهـور الأعراض بوقت طويل (لاسـيما العدوى التالية للولادة)، وبالتـالي فإنهـا تكـون قد اختفـت عند تشـخيص المرض العقلي. وأخيراً ليست جميـع الميكروبـات معدية. فعلى سـبيل المثال نجد الجراثيم المسؤولة عن تسوس الأسنان والمشاركة في السكتة الدماغية، أو تلـك التي تخل بتـوازن الفلورا المعوية وتتزايـد مـن الإصـابة بالاكتئـاب أو الفصـام أو داء باركنسـون، نـادراً مـا تنتقـل من شـخص إلى آخر، بـل تنتقل بطرق غير مباشرة مثل التغذية.

وهكذا يبدو في الأخير أنه يمكن تشكيل ترسـانة علاجية ضد هذه الأمراض. غير أن كل هذه السبل الواعدة لن تعطي أكلها قبل عشـر سـنوات على الأقل." وفي هذا السيـاق يعترف حسين فاطمي Hossein Fatemi، الأسـتاذ في علـوم الأعصـاب بقسـم الطب النفسي في جامعة مينسوتا: لقد نضـج هذا المجال بشكل متسارع جدا من حيـث الأبحاث، إلا أننا على المسـتوى السـريري لا نـزال بعيديـن جـداً عـن العــلاج". ثم إنه علينـا أن نتذكّر بأنه لا يـزال من الواجب إثبات مسـؤولية كل من هـذه الميكروبـات. قـد تتم تبرئـة العديد منهـا، لكن حتى لو لم يبق إلا أحدها تكون جهود الباحثين قد كوفئت: إن إثبات تهمة أحد هـذه الميكروبات يعني فتح باب الأمل لملايين المرضى وعائلاتهم.

ميكروبات في كل مكان

مـاذا لـو اختبـأت خلـف كل مشاكلنا الصحيـة -وليـس تلـك التـي تصيب الدمـاغ فحسـب- فيروسـات وجراثيـم؟ ومـاذا لـو أن الانفجـار الحـالي فـي الأمراض المزمنـة (سرطانات، سمنة،... إلخ) كان عائداً، خلافا لجميع التوقعات، إلى أوبئـة ميكروبيـة خفيـة؟ علـى كل حـال، في السـنوات العشـر الأخيـرة، اكتشـف الباحثـون دور الميكروبـات في العديـد مـن الأمراض التـي كانت تعزى حصريـاً حتـى الآن إلى جيناتنـا وطـرق حياتنـا. بشـكل خاص تم التعـرف فـي التسعينـات مـن القـرن العشريـن علـى الـدور الغالب لجرثومـة الملوية البوابية Helicobacter pylori فـي حـدوث القرحـة الهضمية، التي كانت حتى ذلك الحين تعـزى إلى التوتر وتنـاول القهوة المفرطـين. ومنـذ ذلـك الحـين تراكمت الفرضيات حول دور الميكروبات: خطورة متجـددة للسمنة مرتبطة بفلورا معوية محددة وببعـض الفيروسات، داء سكري من النمط ١ مرتبـط بعدوى فيروسية، أمراض قلبية وعائية تعزى إلى جراثيم ممرضـة موجـودة في اللثـة، أكثـر مـن ٢٠٪ مـن السرطانات ترجـع إلى عداوى فيروسية، التهـاب مفاصل روماتوئيدي يـزداد حدوثـه بسبـب بعـض أنمـاط الفلـورا المعوية والفموية إلخ. مهما يكن المرض، فحـين يختـل تـوازن العضويـة يمكن ألا تكون الميكروبات بعيدة!

(1) MALADIES DU CERVEAU, S&V, #1133, February, 2012, pp.46-63
(2) ELSA ABDOUN, PHILIPPE CHAMBON & MATHIEU NOVAK
(٣) صيدلانية أخصائية في البيولوجيا الطبية/مشفى سان لويس/باريس/فرنسا



GETTY - D.TODD/RUBBERBALL/CORBIS

إننا فعلاً نمتلك حاسة سادسة مغناطيسية![١]

بقلم: إيلسا عبدون[٢]
ترجمة: محسن سعد الله[٣]



إنها ظاهرة يدعيها أصحاب الخوارق... وها هي دراسات اليوم تؤكد ذلك: الإنسان يمتلك قدرة على إدراك القوة المغناطيسية، لكن على خلاف كائنات أخرى فإننا نكون قد فقدنا إمكانية توظيف هذه الحاسة السادسة الغريبة.

إنها حاسة تم رصدها بالفعل لدى عدة كائنات

لطالما كانت إمكانية تأثر الكائنات الحية بالمجال المغناطيسي محل إعراض من العلماء. لكن تزايد الملاحظات والتجارب المذهلة خلال السنوات الخمس الأخيرة سمح بإثبات أن هذه الحاسة حقيقة فعلية، بل تتقاسمها أشكال حياتية عديدة!.

النباتات: يُثبط نموها بواسطة حقل شديد

يتوقف نمو نبات arabidopsis المعروف باسم رشاد أذن الفأر عند تواجد حقل مغناطيسي شديد. هذا الأخير يزيد من نشاط الكريبتوكروم cryptochrome (وهو مستقبل ضوئي)، موهما بذلك النبتة بأنها تتلقى مزيدا من الطاقة الشمسية. وبالتالي لا تحتاج إلى مواصلة النمو بحثا عنها.

البكتيريا: بعضها لا يتنقل إلا على المحور شمال-جنوب

فحتى لا تتيه، تسبح بكتيريات بحرية على طول خطوط المجال المغناطيسي. إنه اكتشاف تم بالصدفة عندما وضع إناء من الرواسب يحوي هذه البكتيريا على رجّاج مغناطيسي: عندها ارتسمت دوامة داخل الرواسب مشيرة إلى الحركة الدورانية للبكتيريات.

الأبقار: تصطف على طول خطوط الحقل

عندما ترعى الأبقار أو تستريح فإنها تتموضع بالتوازي مع المحور المغناطيسي شمال-جنوب... إلا عندما تكون على مقربة من خطوط الكهرباء عالية التوتر التي من المعلوم أنها تشوش على الحقل المغناطيسي الأرضي.

M.VARESVUO/BIOS - F.CAHEZ/BIOS - SPL/BIOS - VISUALS UNLIMITED - SPL/BIOS - GETTY

سيدعي البعض أنه لطالما كان على علم بذلك، في حين سيجد البعض الآخر صعوبة في تصديق الأمر... لكن لم يعد هناك وقت للأخذ والرد. ذلك أن الشواهد اليوم موجودة: حتى إن لم نكن قد تشعرنا بذلك فنحن قادرين على الإحساس بالمجالات المغناطيسية! ففي حين أن تأثير هذه الحقول على الكائن الحي كان مرتبطا منذ وقت بعيد بمستكشفي الينابيع، وبالمنومين المغناطيسيين وأتباع العلوم الزائفة، فإن العلم اليوم يمنحه مصداقية للمرة الأولى، وذلك من خلال آليات حيوية معقولة وملاحظات سلوكية لا يمكن إنكارها. وبهذا ترسم معالم حاسة مغناطيسية، تخفي وراءها بدون شك الكثير من الغرائب، لكنها في الوقت ذاته لم تعد شيئا من الخوارق.

من الوهلة الأولى، يدفع كل شيء للشك في حقيقة تواجد إدراك حسي للقوى المغناطيسية. لا تُرى، ولا تسمع ولا تحس، إنها بدون طعم أو رائحة، هذه القوى الناشئة عن دوامة المعادن الذائبة التي تحرك قلب الأرض لا يتم كشفها إلا بوجود بوصلة أو مغناطيس. إن خطوط المجال المغناطيسي الأرضي التي تربط أي نقطة من الكوكب بقطبيه المغناطيسيين الشمالي والجنوبي تكون قد اخترقت أيضا كل خلية من خلايانا. غير أن هذا يبقى هوسا نعتقده، أكثر من أن يكون ظاهرة فيزيائية ندركها. ففي الواقع، إذا كان لحاسة الشم الأنف، وللرؤية العين، فما هو العضو المسؤول عن إدراك المجال المغناطيسي؟ كيف يمكننا تفسير حقيقة أننا لا نملك أي وعي بهذه المعلومة؟ وإلى أي مدى يمكن لهذه الحاسة أن تساعدنا؟ تلك

الطيور المهاجرة: تعرف وجهتها اعتمادا على القطب المغناطيسي الشمالي

في سنة ٢٠٠٦م، أثبت فريق مشترك من الباحثين الأمريكيين والألمان، وللمرة الأولى في ظروف واقعية، مدى تأثير الحقل المغناطيسي على الطيور المهاجرة: فبعد أن تم تعريض طيور الشحرور إلى ضوء الشفق وإلى حقل اصطناعي، لوحظ أنها تطير باتجاه الغرب... بدل التوجه شمالاً.

الثعالب: تصطاد بشكل أفضل عندما تتواجد فريستها في الشمال

حسب دراسة أجراها فريق هاينك بوردا Hynek Burda التشيكي الألماني سنة ٢٠١١م فإن الثعالب الحمراء تفضل بغرض الامساك بالقوارض، الانقضاض على فريستها باتجاه الشمال المغناطيسي إذ أن فرص نجاحها تكون أوفر في مثل هذه الحال. في الواقع، لقد اكتشف بأن المجال المغناطيسي يساعد الثعالب على تقدير المسافة بينه وبين فريسته.

ذبابات الخل: يضطرب نظامها الخاص بالنوم واليقظة بسبب المغناطيسية

يوجد حقل مغناطيسي شديد، يميل معدل التداول بين حالتي النوم واليقظة لدى ذبابات الخل إلى التباطؤ مقارنة بالـ٢٤ ساعة المعتادة في نظامها. هذا ما أثبتته دراسة لفريق من الباحثين الألمان والفرنسيين سنة ٢٠٠٧م. بالمقابل لم تتأثر بهذه التجربة الذبابات المحورة والتي تفتقد إلى مستقبلات شبكية للحقل المغناطيسي.



هي ألغاز تجعلنا نتصور لماذا أصبح الحقل المغناطيسي تكريسا علميا مثاليا للأفكار الأكثر جنونا...

لقد كان الطريق طويلا قبل أن تبرز الفرضية القائلة بأن الإنسان قادر على إدراك المجالات المغناطيسية. حتى أن بعض الحقائق المسلم بها على نطاق واسع اليوم، مثل وجود حاسة مغناطيسية لدى غالبية الكائنات المهاجرة، لقيت صعوبات كبيرة لفرض نفسها. "لقد كانت هناك في البداية شكوك كبيرة لدى علماء الأحياء والفيزيائيين" يؤكد كنيث لومان Kenneth Lohmann، عالم الأحياء بجامعة كارولاينا الشمالية، في شابل هيل (الولايات المتحدة).

ورغم ورود ذكرها مع مطلع القرن الماضي فإن المجتمع العلمي لم يعترف بفرضية الحاسة المغناطيسية عند بعض الطيور المهاجرة إلا في بداية الستينيات. كان ذلك بفضل فكرة عبقرية من العالمين الألمانيين فولفغانغ فيلتشكو Wolfgang Wiltschko وفريديريك ميركل Friedrich Merkel. ويروي هيرفي كاديو Hervé Cadiou، الباحث بجامعة ستراسبورغ الفرنسية: "لقد وضعوا طيور (أبي الحناء) في أقفاص من ورق الكربون وذلك من أجل أن تترك الطيور أثرا عند احتكاكها بالجهة التي أرادت أن تحلق إليها".

بتواجد حقل مغناطيسي أرضي مشوش، كانت الطيور تميل للتوجه إلى وجهة أخرى غير التي كانت تفضلها عادة. كما أنه بعد تطبيق حقل اصطناعي، لوحظت في وقت لاحق حالات مشابهة لهذا التوهان لدى كائنات مهاجرة مختلفة: طيور، أسماك، سلاحف، جراد البحر وحتى عند النمل. أما اليوم فلا أحد يشك في حقيقة أن كثيرا من الحيوانات تستخدم الاختلافات في توجه خطوط المجال المغناطيسي التي تعبرها، من أجل تحديد موقعها في مسار هجرتها الطويل.

لكل منا "بوصلته" الجزيئية

لكن الإنسان ليس بالكائن المهاجر. وهناك ملايين السنوات بينه وبين ظهور كائنات أخرى مثل السلحفاة. وبالتالي فإنه لا شيء إذن يدفعنا إلى الاعتقاد بأننا نشترك مع الكائنات في القدرة على تحسس المجال المغناطيسي. غير أن العلماء لاحظوا، خلال الثلاثين سنة الأخيرة، بأن هذا "الإدراك المغناطيسي" موجود تقريبا في كل فروع شجرة الحياة! خلدان، بعوض، بكتيريات، نباتات... والكثير من الفصائل غير المهاجرة والتي أبانت سلوكياتها في نهاية المطاف أنها مستقبلات مغناطيسية! كما أن أكبر الثدييات تكون معنية أيضا بالأمر.

فانطلاقا من صور مأخوذة بالقمر الاصطناعي، تمكن سنة ٢٠٠٩م فريق هاينيك بوردا Hynek Burda من جامعة دويسبرغ إسن الألمانية، من ملاحظة أن الأبقار والأيل تميل إلى الاصطفاف بشكل مواز للمحور شمال- جنوب، عدا بالمقربة من الخطوط عالية التوتر التي من المعروف أنها تشوش على الحقل المغناطيسي من حولها. "إننا نعمل على تحليل بيانات متعلقة بحيوانات أخرى، ويمكنني القول بأن الإدراك المغناطيسي موجود بالفعل لدى كائنات أخرى.



أسرار حاستنا السادسة المغناطيسية

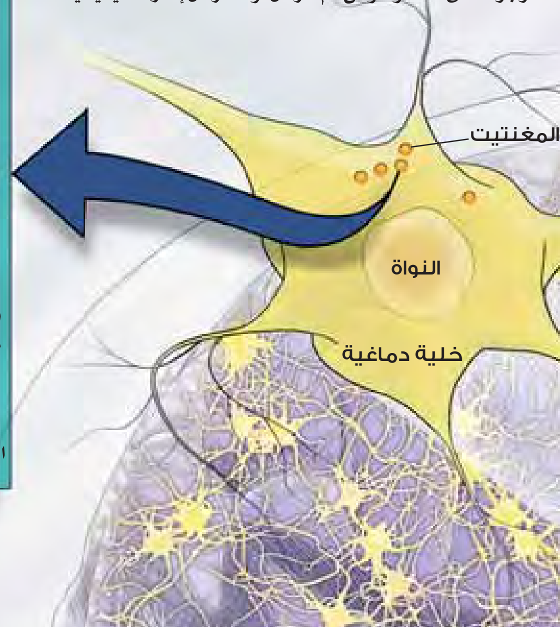
يمر إدراك القوى المغناطيسية بآليتين حيويتين محتملتين: إما بفعل المغنتيت على الدماغ وإما بفعل الكريبتوكروم في شبكية العين؛ هذا إن لم يكن الإنسان متمتعا بنشاط الجزيئين معاً.

نحن جميعاً نخضع للحقل المغناطيسي

إن دوامة المعادن الذائبة التي تنشط قلب الأرض تجعل من كوكبنا مغناطيسا عملاقاً، محددا بقطبيه المغناطيسيين الشمالي والجنوبي. وتتنوع وجهة وشدة هذا الحقل في كل نقطة من الكوكب.

١- بوصلة داخل الدماغ

تم ضبط المغنتيت، وهو جزيء ذو خصائص مغناطيسية تتجه دوما وفق المحور شمال-جنوب، في بعض خلايا الدماغ. ففي كل مرة يتحرك فيها الرأس تتنقل هذه الجزيئات داخل هذه الخلايا، مما يتسبب في فتح أو غلق قنوات موجودة على الغشاوة، ومن ثم ترسل أو لا ترسل إشارات كيميائية.

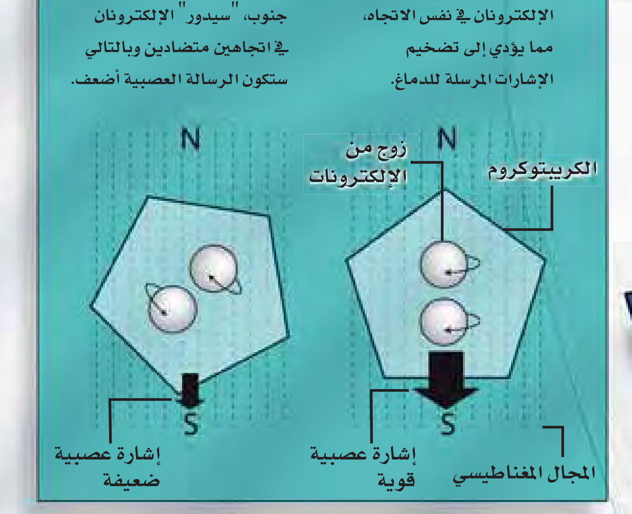


أ) في بعض الوضعيات، يسد المغنتيت القنوات الموجودة على غشاء الخلية.

ب) في وضعيات مغايرة، تفتح المغنتيت هذه القنوات فتسمح بعبور الإشارات الكيميائية.

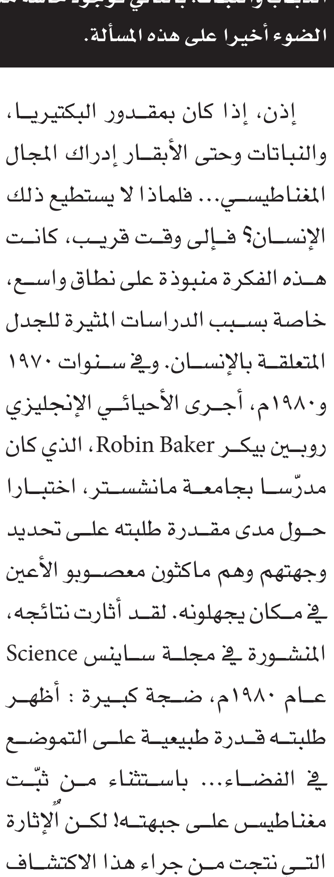
٢- مجسات على مستوى شبكية العين

عند تفاعلها مع الضوء فإن الكريبتوكرومات -وهي جزيئات متحسسة للضوء تتمركز في شبكية العين- تنتج أزواجا من الإلكترونات الحرة. غير أن تموضع هذان الإلكترونان بالنسبة لبعضهما البعض، والذي يعتمد على وجهة المجال المغناطيسي، يؤثر على نشاط الشبكية، ومن ثم على الإشارات المرسلة إلى الدماغ عبر العصب البصري.



أ) عندما تكون نظرتنا موازية لخطوط المجال، "يدور" الإلكترونان في نفس الاتجاه، مما يؤدي إلى تضخيم الإشارات المرسلة للدماغ.

ب) عندما تكون النظرة غير موجودة على المحور شمال-جنوب، "سيدور" الإلكترونان في اتجاهين متضادين وبالتالي ستكون الرسالة العصبية أضعف.



F.ACERBIS/SIGNATURES

الخطوط عالية التوتر: مخاوف مبررة في آخر المطاف؟

إذا كان جسمنا قادرا على تحسس الحقل المغناطيسي... فهل ستشوشه الموجات الكهرومغناطيسية؟ بالنسبة للخطوط عالية التوتر المنتجة لحقول أكثر شدة، فعلى عكس الواي-فاي wi-fi ، والجوال أو هوائيات البث فإن مسألة فرضية حاسة مغناطيسية بشرية تبعث من جديد.

يجب القول بأن الجواب اليوم أبعد من أن يكون واضحا... بكل تأكيد، هنالك بعض الدراسات تفترض بأن العيش على مقربة من الخطوط عالية التوتر قد تزيد من مخاطر الإصابة بسرطان الدم في مراحل الطفولة. غير أن جميع منظمات الصحة حول العالم تعتبر أن الأدلة ليست كافية للجزم بمخاطرها. إن المركز العالمي لأبحاث السرطان لا يصنفها حتى كمسرطنات "محتملة"، بل فقط كـ "ممكنة"، على غرار القهوة. فمن بين تبريراتهم: غياب آلية حيوية يمكنها تفسير الآثار الضارة.

وهكذا نرى في هذا السياق أن فرضية وجود حاسة مغناطيسية لدى الإنسان تمثل مسارا تفسيريا جديرا بالاهتمام. فقد ارتأت دراسات، في سعيها لتفسير الآثار المحتملة للأمواج الكهرومغناطيسية على صحة الإنسان، بأن هذه الأمواج ربما تخل بوتيرة النوم/اليقظة عندنا. في حين أن الحقل المغناطيسي نفسه يشارك في ضبط النظام الحيوي للكائنات ذات الاستقبال المغناطيسي حيث أثبت ذلك لاسيما عند الذباب والنبات. بالتالي فوجود حاسة مغناطيسية لدى الإنسان يمكن اعتبارها كمسار متين لتسليط الضوء أخيرا على هذه المسألة.

إذن، إذا كان بمقدور البكتيريا، والنباتات وحتى الأبقار إدراك المجال المغناطيسي... فلماذا لا يستطيع ذلك الإنسان؟ فإلى وقت قريب، كانت هذه الفكرة منبوذة على نطاق واسع، خاصة بسبب الدراسات المثيرة للجدل المتعلقة بالإنسان. وفي سنوات ١٩٧٠ و١٩٨٠م، أجرى الأحيائي الإنجليزي روبين بيكر Robin Baker، الذي كان مدرّسا بجامعة مانشستر، اختبارا حول مدى مقدرة طلبته على تحديد وجهتهم وهم ماكثون معصوبو الأعين في مكان يجهلونه. لقد أثارت نتائجه، المنشورة في مجلة ساينس Science عام ١٩٨٠م، ضجة كبيرة : أظهر طلبته قدرة طبيعية على التموضع في الفضاء... باستثناء من ثبّت مغناطيس على جبهته! لكن الإثارة التي نتجت من جراء هذا الاكتشاف سرعان ما اندثرت، إذ لم يحصل أي باحث عمد إلى إعادة تجربة بيكر على هذه النتائج. وبذلك فقدت فرضية أن للإنسان قدرة على الإحساس بالمجال المغناطيسي الأرضي كل مصداقيتها.

غير أن هذه الفرضية تم بعثها من جديد باكتشاف جزيئات حساسة للمجال المغناطيسي عند كائنات مختلفة، من بينها الإنسان. في بداية السبعينيات من القرن العشرين فتح مسار جديد... بالصدفة. "كان عالم الأحياء الجزيئية ريتشارد بلاكمور Richard Blakemore يضع إناءً من الرواسب البحرية على مقربة من رَجَّاج مغناطيسي، يستخدم لخلط المحاليل السائلة، عندما اكتشف بأنها تشكل دوامات" لاحظ عندها العالم البريطاني بأن هذه الدوامات نشأت

تعريف

الحقل المغناطيسي هو مجموعة قوى تنشأ بسبب مغناطيس أو تيار كهربائي. وهو يشكل بجانب الجاذبية والقوى النووية الضعيفة والقوية، القوى الأربع الأساسية التي تتحكم في عالمنا.

بفعل بكتيريا مخفية داخل الرواسب، وهي قادرة على تحديد مسارها بفضل جزيئة خاصة جداً: المغنتيت (أو أكسيد الحديد الأسود)... المستخدم في صناعة إبر البوصلات ! فهذا المعدن ذو الخصائص المغناطيسية يشكل سلسلة طويلة ترتبط بغشاء الخلية. وكما هو الحال عند إبرة البوصلة فإن هذه السلاسل تتجه دوما من الشمال إلى الجنوب، مما يجبر البكتيريا على اتباع نفس المسار بشكل آلي. ويشرح داميان فافر Damien Faivre من معهد ماكس بلانك Max-Planck الألماني هذا الأمر قائلاً: "تسبح هذه البكتيريا، التي تعيش في وسط جد خاص، يفتقر للأكسجين، على طول خطوط المجال المغناطيسي بصفة دائمة، مما يسمح لها بعدم التوهان".

وهكذا، فإن بمقدور الكائنات الحية إنتاج بوصلتها الخاصة! فهل يمكن لهذا المغنتيت أن يشكل مفتاح الحاسة المغناطيسية عند الحيوانات؟



إن خطورة الحقول الشديدة الصادرة عن خطوطها لم يتم أبدا إقرارها؛ ولكن النقاش يظل مفتوحاً.

لمعرفة ذلك، شرع العلماء في تعقب هذا المعدن الثمين، في قلب العديد من الخلايا، والأعضاء والأنواع... إنه عمل شاق، لكنه مثمر: لقد تمت معاينة هذه البوصلة الجزيئية عند حيوانات كثيرة، داخل الغشاء المخاطي الشمي لسمك السلمون المرقط، في المنطقة الأمامية لمنقار الحمام... وداخل دماغ الإنسان!.

ذاك ما يوحي بفرضية أولية حول آلية قد تكون سارية بداخلنا: إن أية حركة للرأس ستؤدي بدورها إلى تحريك المغنتيت -الذي يتجه دوماً من الشمال إلى الجنوب-، بالنسبة للخلايا التي تحتويه. تتسبب هذه الحركات آليا في فتح قنوات داخل غشاء الخلايا، مما يسمح لها بإرسال إشارات كيميائية لخلايا عصبية على ارتباط مباشر بها (أنظر الرسم التوضيحي - ص٩٠). لكن هذا لم يتم إثباته أبدا لدى الإنسان. ويرى عديد العلماء بأن المغنتيت في نوعنا قد لا يكون سوى نفاية خلوية.

مستقبل ثان في شبكية العين:

ومع ذلك سيؤدي اكتشاف آلية ثانية إلى إقناع هؤلاء في نهاية المطاف: لقد تم تصور هذه الآلية للمرة الأولى في نهاية التسعينيات من القرن الماضي بالتزامن مع اكتشاف الكريبتوكروم cryptochrome، وهو جزيء حساس للضوء، موجود لدى النباتات وفي شبكية العديد من الحيوانات، وكذا الإنسان.

بالاستجابة إلى الضوء، ينتج هذا الجزيء جذورا حرة تتمثل في جسيمات مشحونة كهربائيا يؤثر تموضع إلكتروناتها بالنسبة لبعضها البعض على التفاعلات الكيميائية الجارية في شبكية العين. غير أن وضعية هذه الإلكترونات ذاتها تعتمد على وجهة المجال المغناطيسي! وبالتالي فإن تغيرا في هذا الأخير قد ينجم عنه تبدل النشاط داخل الشبكية. هذا ما يسمح بتصور شكل ثان من الاستقبال المغناطيسي، الذي يمر مثلا بظهور بقع مختلفة متفاوتة الإضاءة داخل مجال الرؤية، وذلك حسب توجه النظرة بالنسبة لخطوط المجال المغناطيسي (أنظر الرسم التوضيحي - ص٩٠).

إن هذه الفرضية تدعمها الكثير من الملاحظات، ابتداء من دراسة أجريت سنة ١٩٩٣م أظهرت أن بمقدور طيور (أبي الحناء) تحديد وجهتها من خلال الأضواء الزرقاء والخضراء دون غيرها، حيث يُظهر الكريبتوكروم حساسية نوعية. كما أظهرت دراسات أخرى تميل إلى فرض هذه الآلية وجودها لدى الكثير من الأنواع، مثل ما هو عليه الحال عند ذبابة الخل أو رشاد أذن الفأر، وهو نبات المختبر الشهير. ومن بين هذه الأنواع نجد الإنسان... حيث أصبح الدليل العلمي يقارع التردد السائد في الأوساط العلمية حول هذه القضية!.

لقد أعطوا معنى آخر لمفهوم النوع

ماذا لو كان بمقدورنا حث حاستنا المغناطيسية؟ إنه الإنجاز الذي حققه كيجي نيشيدا Keiji Nishida وباميلا سيلفر Pamela Silver من جامعة هارفرد، في تجربة أجريت على الخميرة. إذ أنه عند إزالة الجين المسؤول عن التخلص من فرط الحديد داخل الخلايا، تحصل الباحثان على خميرة... تنجذب بالمغناطيس! وفضلا عن هذا الإنجاز المتمثل في منح حاسة جديدة، منتقلة عبر الأجيال، لدى هذا النوع فإن هذه التجربة تفتح الباب لدراسة آليات الاستقبال المغناطيسي عند الخميرة التي يحتمل وجودها أيضاً في الخلايا العصبية للإنسان.

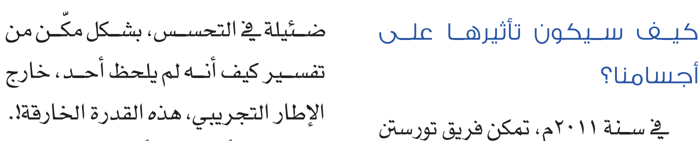
إقرار الظواهر فوق الطبيعية؟



الفينغ شوي FENG SHUI: تفسير محتمل

هل سنّنام ورؤوسنا متجهة شمالاً؟ قد تجد نظريات، كتلك المرتبطة بفلسفة الفينغ شوي الصينية، والتي تؤكد على أهمية وجهة الانسان في نشاطاته اليومية، مبررا لها بعد اكتشاف حاسة مغناطيسية بشرية. فإذا كانت الأبقار، والأيل والثعالب تفضل المحور شمال-جنوب... فلماذا لا يكون الإنسان كذلك؟ إنه سؤال مشروع، لكن علينا أن نُذكّر هنا بأن لا شيء يثبت لحد اللحظة، أو حتى يفترض، بأن النوم أو العمل في اتجاه معين له تأثير فيزيائي أو نفسي إيجابي.

S.MALLON/GETTY - C.GRAY/GETTY - S.ELLERINGMANN/LAIF-REA



كيف سيكون تأثيرها على أجسامنا؟

في سنة ٢٠١١م، تمكن فريق تورستن ريتز Thorsten Ritz، من جامعة كاليفورنيا بأرفاين (الولايات المتحدة)، من التحوير الوراثي لذبابة خالية من الكريبتوكروم، وبالتالي غير قادرة على تحديد وجهتها بالنسبة للمجال المغناطيسي. مما يدل على أن بإمكان الكريبتوكروم البشري، هو الآخر، رصد المجال المغناطيسي! إنه اكتشاف يدعم خلاصة أبحاث فرانز توس Franz Thoss التي أجراها سنة ٢٠٠٠م.

لقد أظهر هذا الباحث الألماني، بواسطة إخضاع أفراد عديدين إلى اختبار كشف مثيرات ضوئية ذات شدات متصاعدة، من أن العين البشرية ترصد الضوء بشكل أسهل عندما تكون النظرات موجهة بالتوازي مع خطوط المجال المغناطيسي. كانت هناك فروقات ضئيلة في التحسس، بشكل مكّن من تفسير كيف أنه لم يلحظ أحد، خارج الإطار التجريبي، هذه القدرة الخارقة!.

واليوم، أصبحت الأدلة موجودة، وهي كثيرة ومتينة: الإنسان يمتلك كل الوسائل

> **هناك إذن حاسة سادسة مخبأة في أعماقنا... لكننا عاجزون عن استخدامها!**

الجزيئية والدارات الخلوية لالتقاط المجالات المغناطيسية. وفي الوقت الذي لا تستغل بعض الأنواع سوى المغنتيت أو الكريبتوكروم على حدة فإن أنواعا أخرى على غرار الإنسان يمكنها الاستفادة من نشاط المستقبلَين الإثنين في آن واحد. لكن يبقى علينا معرفة ما إذا كانت هذه المعلومة مأخوذة بالإعتبار من قبل أدمغتنا، وكيف لها أن تؤثر، من غير وعي منا، على وظائف أعضائنا.

تتحدث بعض الدراسات المنشورة -إلا أنها لم تحظ بأي تعقيب- عن فروقات في النشاطات الكهربائية للدماغ أو زيادة في سرعة حركات العين للأشخاص النائمين، وذلك بناء على الوجهة التي يستلقي عليها هؤلاء. لكن تظل الحاجة ماسة إلى دراسات أكثر جدية تجرى على عينات سكانية أوسع. فربما تسمح هذه الاكتشافات الحديثة أخيرا ببعث مثل هذه المشاريع.

ويبقى الباحثون يشككون في مقدرة الإنسان على استنتاج وجهته من خلال المجال المغناطيسي. فلا وجود لأية دراسة، منذ تلك التي قام بها بيكر، استطاعت إبراز هذه المقدرة. "إذا كان ذلك موجودا حقا، فلن أعتمد عليه لتحديد وجهتي" يصرح تورستن ريتز مازحا. كما أن هذه الاكتشافات لا تزال بعيدة عن تقديم تفسير علمي لنشاطات المنومين المغناطيسيين ومستكشفي الينابيع أو فلسفة فينغ شوي Feng Shui (أنظر الاطار اعلى ص٩٤). غير أن من شأن تلك الاكتشافات تغذية النقاش



منوم مغناطيسي: مصطلح مضلل

الشفاء بواسطة أيدي منوم مغناطيسي مبسوطة على جزء من الجسم أو على صورة... يا له من حلم! لكن اكتشاف حاسة مغناطيسية محتملة لدى الإنسان لا يعطي أي غطاء لهذه المزاعم المؤسسة على نظرية المغناطيسية الحيوانية. إنها النظرية التي طورها الطبيب فرانس أنتون مسمر Franz-Anton Mesmer في القرن الثامن عشر. تلك النظرية التي يمكن للإنسان من خلالها إرسال شريان حياة ذا طاقة علاجية لم تجد أبدا ما يؤكدها علمياً.

الاستكشاف التقليدي للينابيع: تفسير جد هش.

على مستكشفي الينابيع التقليديين أن يكونوا سعداء: إن فرضية وجود حاسة مغناطيسية بشرية تعزز الفكرة القائلة بقدرتهم على استكشاف مصادر المياه الجوفية عبر اضطرابات المجال المغناطيسي. إلا أن هذا لا يفسر كيف أن البعض فقط هو من يتمتع بهذه القدرة... ثم كيف لعصا أن تضخم الإشارة. ليست هناك أية دراسة أثبتت هذه القدرة التي يتمتع بها هؤلاء المنقبون في الكشف عن مصدر المياه، فذلك يتم في الغالب عن طريق صدفة.

حول موضوع ساخن: إنها مسألة المخاطر الصحية للأمواج الكهرومغناطيسية المنبعثة من الخطوط عالية التوتر (أنظر الإطار ص٩٢).

لماذا احتفظنا بحاسة يبدو جهلنا لكيفية استخدامها واضحا؟ "لربما استعملها أسلافنا منذ زمن بعيد لأجل تحديد وجهتهم، ثم إننا فقدنا هذه القدرة" يقترح فرانس توس Franz Thoss. الفرضية الأخرى: هي أنه بالرغم من توفر جهازنا على جميع الوسائل التي تسمح بإدراك المجال المغناطيسي، فإننا لم نطور أبدا طرقا لدمج هذه المعلومة واستخدامها لتحديد وجهتنا. هذا على الأقل ما هو عليه الحال عند النباتات التي يؤثر المجال المغاطيسي على نموها (راجع العدد ١٠٧٤ من مجلة Science & Vie). فإذا كانت لا تجني أية فائدة من هذه الحاسة المغناطيسية فإنها بالمقابل تكون قد احتفظت بالكريبتوكروم لوظائفها الأساسية الأخرى: استقبال الضوء وضبط النظام الحيوي اليومي. وهكذا، لربما حُفظ الاستقبال المغناطيسي البشري بنفس هذه الطريقة، رغم عدم جدواها...

إن من أبرز الصعوبات التي تحول دون حل هذه المعضلة هي الضعف الكبير لتأثير المجال المغناطيسي الأرضي، ومن ثم تأتي صعوبة إثباته. وتتأسف مارجريت أحمد Margaret Ahmad، من جامعة باريس السادسة ٦ الفرنسية قائلة: "لقد كبح هذا الوضع كل تقدم". لكن الكابح الأساسي هو ذو طابع نفسي. ففي هذا المجال الذي يجرؤ قلة من الباحثين على الغوص فيه "لا يزال يحمل ندبات من صورة شعبية طالما ارتبطت بالسحرة والمنومين المغناطيسيين" حسب هاري كاديو، الذي يعترف أيضا " أن كثيراً من الدراسات غير الدقيقة التي أجريت في الماضي حول هذا الموضوع، قد ألحقت بالبحث العلمي الكثير من الأذى".

ومع ذلك فقد قُطع شوط هام، بفضل إصرار بعض الباحثين. فقبل خمسين سنة، كانت الحاسة المغناطيسية ضربا من الخيال. غير أننا نقرّ اليوم بأن هذه الظاهرة، التي طالما صنفت في خانة الغرائب، تسقي تقريبا جميع فروع شجرة الحياة. وبعد كل هذا، فإذا كانت الحياة حساسة للقوى التي تهددها في كل نقطة من الكرة الأرضية، وهذا منذ نشأتها... أذاك حقا فعلا بالغ الغرابة؟

(1) NOUS AVONS BIEN UN SIXIEME SENS MAGNÉTIQUE, S&V, #1136, May, 2012, pp.74-83
(2) ELSA ABDOUN

(٣) باحث في علم الأعصاب/ قسم علم الأعصاب/ جامعة تورينو/ إيطاليا

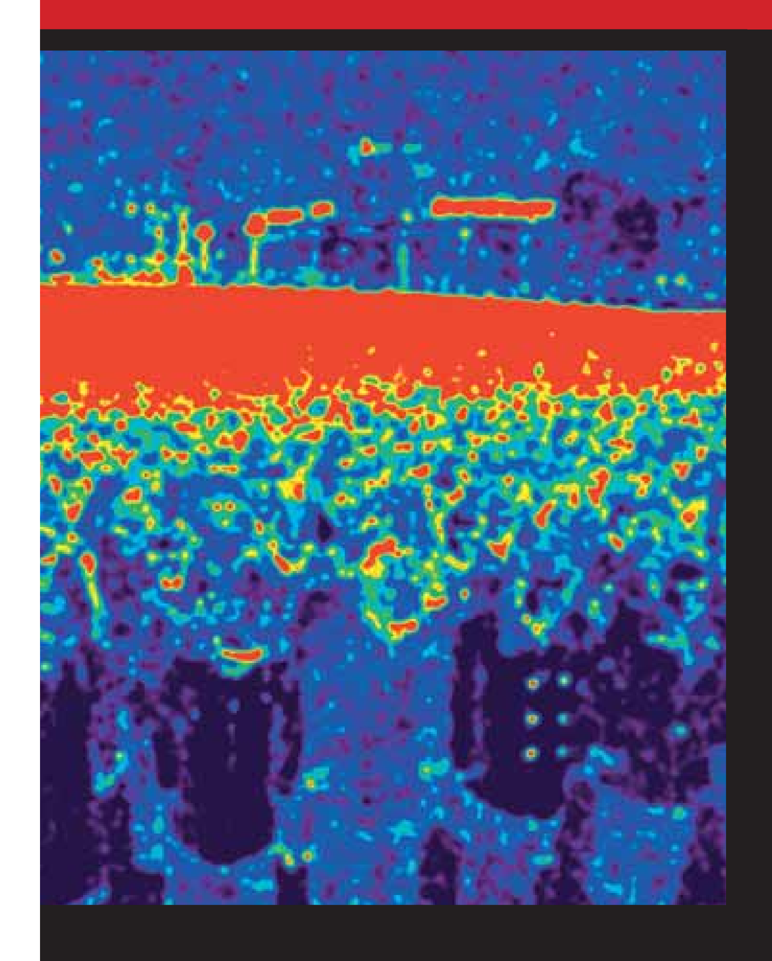
وأخيراً...

يمكن معرفة ما إذا كانت الصور

مـــزوّرة [١]

بقلم: موربيل فالين [٢]
ترجمة: شمس الدين خياري [٣]

نحذف أو ندمج عنصرا هنا، نعدل هناك، ندكّن هنالك في الصورة... لقد أصبح التزوير في عصر الرقميات والفوتوشوب ميسرا واكتشافه صعبا... ولكن هذا كان قبل ظهور «تنغستين» Tungstène، تلك البرمجية القادرة على تعقب أية لمسات مضافة. إنها برمجية فعّالة! وهاكم البرهان على ذلك بالصور...





تنغستين: البرمجية التي تميّز بين الحقيقي والمزيف

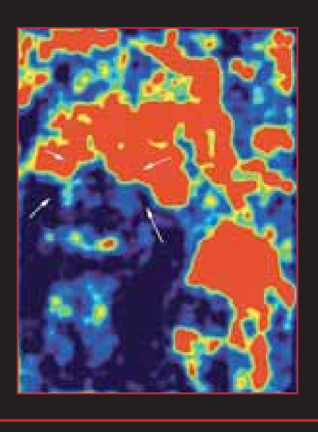
اُنظروا إلى البقعة الحمراء من الصورة الجانبية: إنها تكشف بأن الصورة الأصلية (أعلاه) الملتقطة في ٢٨ ديسمبر ٢٠١١م، خلال مراسم تشييع جنازة كيم يونغ-إل Kim Jong-il، الزعيم السابق لكوريا الشمالية، أدخلت عليها لمسات كثيرة من أجل زيادة الكثافة الجماهير. وتم فضح التزوير من خلال تحليل "تنغستين": هذه البرمجية التي صممها خبيران فرنسيان في المعلوماتية تدقق في الملفات الرقمية للصور وتكشف كل التلاعبات.

DR - EXO MAKINA

عندما تكشف تنغستين القناع عن التـزويـر

موت أسامة بن لادن

الصورة التي بثت في مايو ٢٠١١م



ليست كل نقاط الصورة صادرة عن نفس اللاقط الإلكتروني. وهكذا نرى أن البقع الحمراء والصفراء من جهة، ثم الزرقاء من جهة أخرى، لم تلتقط بنفس الجهاز. يتعلق الأمر هنا بتركيب صور: لقد تم "إلصاق" صورة لحية ابن لادن والجزء السفلي من وجهه بصورة جسد آخر ذي وجه متورّم.



كشف حساب

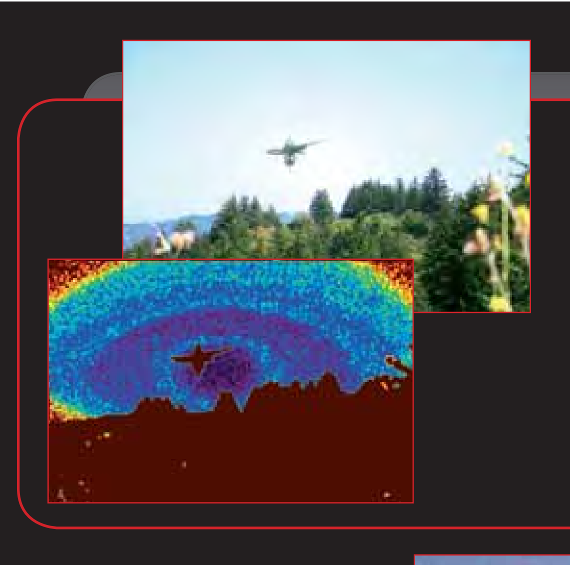
وثيقة قدمت كحجة قضائية في نهاية ٢٠١١م

كشف التحليل آثار كتابات قديمة (الهالات الملونة) لا تتطابق مع النص الأحدث. والواقع أنه تم الحصول على هذه الوثيقة انطلاقا من تركيب أربع وثائق مختلفة بعضها على بعض!



DR - EXO MAKINA - AFP

عندما تكشف تنغستين القناع عن التــزويــر



جسم غريب طائر في كاليفورنيا

صورة تم تداولها عبر الإنترنت في ٢٠٠٧م

تدرك البرمجية تظليلاً غير عادي: بعبارة أخرى، فإن الهالة والحافات -التي نلاحظها عادة في الزوايا الأربع لأية صورة- تبدو هنا، على اليسار، فوق الأشجار مباشرة. وهذا خلل يثبت أن الصورة ليست أصلية: إن صورة السماء قد غيرت من أجل محو أو إدماج بعض التفاصيل.

صواريخ في إيران

صورة بثت في ٢٠٠٨م

يكشف التحليل عدة أشياء غير سويّة: البكسلات متطابقة في موضعين من الصورة (الصاروخان على اليمين وسحب الغبار في مستوى الأرض)، بينما يتبعثر الضوء بزيوغ على طول مسار أحد الصواريخ (السهام). ما الذي جرى؟: لقد كررت صورة الصاروخ على اليسار وزوبعة الغبار في قاعدته انطلاقاً من صورة الصاروخ على اليمين ثم ألصقت الصورتان... والأرجح أنه تم ذلك من أجل إخفاء شيء ما.



عندما تكشف تنغستين اللمسات

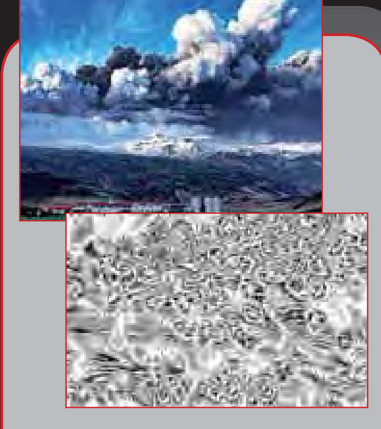


بثٌّ في البيت الأبيض لحادثة إلقاء القبض على ابن لادن

الصورة التي بثت في مايو ٢٠١١م

هذا مشهد معالج بشكل كبير: تمت الإضاءة على هيلاري كلينتون والجزء الأيسر من وجه الرئيس أوباما والزيادة في بريق النياشين العسكرية، كما تم تضبيب بعض الوثائق بينما تمت في المقابل الزيادة في إيضاح البعض الآخر.





ثوران البركان الإسلندي إيجافجول Eyjafjöll

صورة نشرت في مارس ٢٠١٠م

هذه الصورة تركيبية بامتياز. يكشف التحليل خطوطَ متدرجات مفككة تماماً بنيوياً، لا تتطابق مع أيٍ ضوء طبيعي. ورغم المحافظة الجيدة على المعالم، فقد تم تشديد الأضواء والظلال.

WHITE HOUSE/AFP IMAGE FORUM - N.CELIS/AFP - EXO MAKINA - DR - AFP IMAGE FORUM

عندما تؤكد تنغستين الصدقية



قطاع غزة

صورة بثت في مايو ٢٠٠٧م

تم تصوير الصاروخ وهو منطلق في مساره، مباشرة قبل انفجاره. ولكن وضوحه التام أثار الريبة. تم تحليل الصورة للتأكد من أن الصاروخ جزء لا يتجزأ من الصورة، فصدر الحكم: هنا كذلك لم يلحظ أي تزوير، ومن ثم فالصورة حقيقية.

احتفالات السنة الصينية الجديدة

صورة تم تداولها عبر الإنترنت في يناير ٢٠١٢م



يظهر اللهب الذي ينفخ لافظ اللهب هذا بصفة غريبة في شكل تنَين، في الوقت الذي تبدأ فيه الصين احتفالاتها بعام التنين. تبدو المصادفة صعبة التصديق! لكن التحليل لم يكشف أي تزوير.

هناك صور للموضة تظهر أجساما مفخّمة، وصورا صحافية مشوهة، وصورا حربية مزيفة، ووثائق مزورة... كنا نعتقد منذ ظهور الرقميات الشاملة أننا قد خسرنا الحرب: الحرب بين "المزوّرين" الذين يجتهدون سرًا في تعديل محتوى بعض الصور وبين "المتعقّبين" الذين يجتهدون من جانبهم في التحقق من صدقية الصور لحساب أجهزة الاستخبارات، أو العدالة، أو الدفاع، أو الصحافة. كنا آنذاك قد دخلنا، على أقل تقدير، عصراً نستطيع فيه التشكيك في صدقية بعض الصور، إذ أصبح بإمكان أي أحد أن يصبح مزوراً من خلال لمسات لا يمكن كشفها، بفضل برمجيات معالجة الصور الرقمية، مثل الفوتوشوب.

الأمر لم يعد كذلك البتة! لقد برز حل اسمه "تنغستين" Tungstène أثبت قدراته بصفة مذهلة. فهو أول برمجية في العالم قادرة على كشف جميع اللمسات الرقمية في ملف أية صورة خلال دقائق — بل بعض الساعات عندما تكون الصورة معقدة- حتى لو لم يتوفر الملف الأصلي. يقول روجيه كوزيان Roger Cozien، مصمم البرمجية والذي أسس بالشراكه مع دومينيك هاغلون Dominique Haglon، الشركة الفرنسية إغزو ماكينا eXo maKina : "لقد بدأ كل شيء عام ٢٠٠٩م، بطلب من وزارتي الدفاع والداخلية (الفرنسيتين) اللتين كانتا تريدان التزوّد بأداة لرصد التزوير... هناك عدة فرق في العالم تبحث منذ بضع سنين في هذا الموضوع، ولا سيَّمَا في الولايات المتحدة، ولكن لم يكن يوجد آنذاك أي برنامج قادر على كشف التزييف في الصور."

> **تمثل "تنغستين" تاريخاً حاسماً في حرب الصور**

لقد طور هذان الخبيران في المعلوماتية إستراتيجية غير مسبوقة ورياضية بحتة، تحلل الصور بفضل ثلاث طرق (أنظر الإطار أدناه): مقاربة بصرية تبحث عن الزيوغ الضوئية ومقاربة جبرية تتعقب الخلل في الملفات الحاملة للصورة، والمقاربة "الأَثَرُزْمِيَّة" "Archéorithmique"، المعيدة لبِناء مختلف التدخلات التي أجريت انطلاقا من تاريخ الملف حتى الوصول إلى الجهاز الذي التقط الصورة. وتم تحضير النموذج في مدة لم تتجاوز بضعة أشهر. إن "تنغستين" قادر على تحليل الملف الرقمي لأية صورة (مسجلة في شكل جيبيغ jpeg أو تيف tiff أو بي آم بي bmp أو بي دي آف pdf) وتحديد المناطق المريبة (أشعة ضوئية غير متناسقة، ألوان زائغة، استنساخ كائنات، حذف معلومات،...) بفضل تلوينها.

لقد تبين تكرار صور لصواريخ إيرانية، وتبينت صدقية صور لقصف غزة : وهكذا تم بسرعة إقناع وزارتي الدفاع والداخلية ووكالة الأنباء الفرنسية بجدوى هذه البرمجية، وهي الجهات التي كانت تختبر تنغستين. ثم تلاه الاعتراف العالمي بهذه الجدوى في مايو ٢٠١١م عند التحليل الفائق السرعة للجثة المزعومة لجثمان ابن لادن (أنظر الصورة – ص ٩٨). ويتذكّر روجيه كوزيان في هذا الصدد: "في الثاني من مايو، على الساعة السابعة والنصف صباحاً، تلقينا مكالمة من أسبوعية لي نوفيل أبسورفتور Le Nouvel Observateur التي انتابتها شكوك تتعلق بصورة كان يتم عرضها على شاشات التلفزيون والإنترنت. وبعد ساعة من الزمن تمكنا من التأكد من أن الصورة مزورة: هناك أجزاء مختلفة من الصورة غير صادرة من نفس اللاقط الإلكتروني. لقد كانت الصورة في الحقيقة نتيجة تركيب صُوَري تم انطلاقا من صورتين: تتضمن السفلى وجه ولحية ابن لادن بينما تتضمن العليا جزءاً من وجه جثة أخرى".

ومنذ ذلك الحين صارت الوكالة الفرنسية للأنباء تستعمل هذه البرمجية بانتظام. يقول أنتونين توليه Antonin Thuillier، المكلف باستغلال هذا الجهاز الجديد في الوكالة ذاتها، شارحا: "إن هذا الجهاز بالغ الأهمية

ثلاثة أسلحة من أجل كشف التزوير

تستعمل "تنغستين" ثلاث طرائق من أجل العثور على لمسات محتملة:

- **الطريقة البصرية:**

تستطيع البرمجية -من خلال دراسة تشفير الضوء واللون- رصد الزيوغ: ضوء يبعثر بصفة غريبة، مصادر ضوئية متعددة في صورة واحدة...

- **الطريقة الجبرية:**

بحسب شكل الملف ودرجة جودته تظهر بُنَى رياضية تخضع لقوانين معلومة. إذا كانت الصورة مزورة فإن البنى تتغير: تستطيع البرمجية كشف هذه الأمور غير العادية.

- **الطريقة "الأَثَرُزْمِيَّة":**

يحتفظ الملف الرقمي في ذاكرته بخصائص مرتبطة مباشرة بلاقط جهاز التصوير. تستطيع البرمجية تحليل الصورة من أجل معرفة ما إذا كانت كل المناطق قد التقطت بنفس الجهاز، والتعريف بهذا الأخير (الصنف والعلامة التجارية)، واستنتاج عدد المرات التي سجلت فيها الصورة.

بالنسبة لنا لأن تحليل الصور كان يتم قبل ذلك بصفة عادية من خلال معاينة رئيس التحرير لها مباشرة. يمكننا الآن التأكد علميا من كل الصور التي تبدو لنا غريبة. كما أننا نستعمل البرمجية إذا كان المصدر غير موثوق أو إذا كانت الصور تحمل معلومات على جانب كبير من الأهمية، وهو ما يحدث مرة في الشهر تقريباً في وكالة الأنباء الفرنسية".

معركة لن تنتهي أبداً

تحظى هذه البرمجية بنفس التقدير لدى وزارة الدفاع. يقول مسؤول سابق في هذه الوزارة يستعمل تنغستين: "حتى لو لم يؤدِ ذلك إلى إعادة المظهر الأصلي للصورة فإن خطوة مهمة قد قطعت في هذا الاتجاه." كما نجد نفس التقدير من جانب أجهزة الاستخبارات حسب مصادر متعددة. ومن ثمّ، هل يمكن القول إنه قد تم بذلك الإعلان عن نهاية عهد التزوير؟ يجيب روجيه كوزيان بصراحة: "كلا! من الراجح ألا تنتهي الحرب بين المزورين وراصدي التزوير في يوم من الأيام لأن المعركة تتجدد كل يوم ببروز تكنولوجيات جديدة، إلاّ أن صناعة تزوير غير قابل للكشف أصبحت أكثر تعقيدا مع ظهور "تنغستين". إن هذه البرمجية في تطور مستمر لأن بعض الملفات القديمة أو الصغيرة جدا أو المضغوطة بأنماط جديدة من الترميز تقاوم التحليل أحيانا، وذلك باعتراف روجيه كوزيان ذاته. يمكن كذلك نقل أعمال التوثيق هذه إلى ملفات الفيديو. يقول جون-لوك ديجيلاي Jean-Luc Dugelay، الباحث في مؤسسة يوروكوم Eurocom (بصوفيا أنتيبوليس Sophia Antipolis الفرنسية) والمتخصص في معالجة الصور، معلقاً في هذا السياق: "هناك أيضا احتياجات ضخمة في هذا المجال، ولكن حجم المعلومات فيه أكبر بكثير، وهذا ما يجعل العمل فيه أطول وأكثر تعقيداً".

أما الآن فإن الهدف هو تحسين تقنيات رصد اللمسات، ثم اختبارها بناء على قواعد بيانات واسعة جداً. وهكذا توجد مجموعة بحث أكبر تضم، إلى جانب مؤسسة إغزو ماكينا، مختبرات وشركات أخرى مختصة في معالجة الإشارة (Telecom Bretagne، C-S ...)، ممولة من طرف المديرية العامة للتسليح الفرنسية (DGA)، تعمل على مخزون يشمل ٦٠٠٠ صورة. وهنا يقول أنتوان غرولّو Antoine Grolleau، المكلف بمشروع لدى المديرية العامة للتسليح: "نريد إنشاء منافسة. يكمن الهدف منها في الرصد السريع لمحاولات التلاعب، وذلك بأتمتة Automation المعالجات كلما كان ذلك ممكناً".

ورغم كل ذلك يبقى الوصول إلى هذه الغاية بعيدا لأن التمييز بين التطوير الفني الذي يركز على الإظهار والتغاير في الصورة من جهة، والتغييرات الرامية إلى تحريف المعنى فيها من جهة أخرى، يتجاوز قدرة الآلات (automatons). يعلق المسؤول السابق الذكر في وزارة الدفاع بالقول: "لا يزال الذكاء لدى الإنسان ضروريا للقيام بهذا التحكيم." إن خطة المعارك القادمة تبدو واضحة المعالم. لقد سجل "المتعقبون" هدفاً. لننظر الآن كيف ستكون ردة فعل "المزورين".

حتى الطريقة الفِضِّيانِّية (Argentic) القديمة في التصوير كانت تُحْسِنُ ذلك...

ليس التزوير خاصية تتميز بها الرقميات عن غيرها، بل إن الأمر بعيد عن ذلك كل البعد! تقول فرونسواز دينويل Françoise Denoyelle، المتخصصة في تاريخ التصوير الفوتوغرافي، شارحةً: "كان ينظر إلى التصوير الفوتوغرافي خلال مدة طويلة على أنه منبع موثوق للمعلومات، ولم يجرؤ أحد على إعادة النظر فيه. ينبغي أن نتذكر في هذا السياق أنه في الثلاثينيات من القرن الماضي كان التلاميذ الذين التحقوا بمدرسة لويس-لوميير Louis-Lumière الفرنسية من أجل مهنة التصوير الفوتوغرافي يتلقون ما يعادل ٨ ساعات من الدروس خلال الأسبوع للتدرّب التقني على فن وضع اللمسات".

ومنذ اختراع التصوير الفوتوغرافي، كان يتم حكّ شرائح الزجاج بأقلام الريشة قبل صبغها من أجل إزالة بعض التفاصيل أو تزيين بعض الوجوه. وسواء أستعمل المقص، أو الألوان المائية، أو أنواع المداد الرمادية، أو الصور المحجوبة أو الملوّنة أو المقصوصة أو تلك التي تمت إعادة تركيبها أو تأطيرها، فإن هذه الأدوات لا تعدو أن تكون بدائية. ولكن بما أن الصور كان يتم نسخها في الصحافة أو الكتب فلم يكن ميسرًا كشف اللمسات المضافة، حتى الخشنة منها، دون الحصول على الفيلم الأصلي.





DAVID KING COLLECTION

في عهد ستالين، تمت إزالة نيكولاي يزهوف Nikola Yezhovi، مسؤول الشرطة السياسية (محافظة الشعب للشؤون الداخلية NKVD) من الصور الرسمية.

---

(1) ON PEUT ENFIN SAVOIR SI UNE PHOTO EST TRUQUÉE, S&V, #1136, May, 2012, pp.84-91
(2) MURIEL VALIN

(٣) أستاذ بقسم الفيزياء/ المدرسة العليا للأساتذة/ القبة/ الجزائر

النحاس والذهب والزنك والبلاتين
واليورانيوم والفوسفور...

حالة استنفار خصاصة في المعادن[١]

الـ ٢٦ خاماً معدنياً التي سنفتقدها

كم هي المدة التي تستطيع البشرية خلالها مواصلة استغلال خيرات الأرض؟ هذا السؤال لم يعد سؤالا نظريا في الوقت الراهن لأن نفاد هذه الخيرات أصبح يهدد ٢٦ مادة أولية ليست أبدًا من المواد الكمالية! إنه وضع جيولوجي لا رجعة فيه يضع العالم أمام تحدّ: كيف ستكون حياتنا خلال عصر سيسوده النقص في تلك المواد.

FOTOLIA - J.MARIOTT/ALL CANADA PHOTOS/CORBIS



بقلم: بوريس بلانجر [٢]

وفانسان نويريغا

ترجمة: أبوبكر ناجمي [٣]

بإمكانك تحضير وليمة من الموارد الجوفية الموجودة في كوكب الأرض، الذي يبلغ قطره ١٣٠٠٠ كلم. إبدأ بتحضير حشوة من قشرته المكوّنة من ٨٨ عنصرا كيميائيا، امزجها جيدا لكي تكوّن منها ٤٠٠٠ مركب معدني. وبعدها، زيّن الكل بإضافة حوالي ٣٠٠٠ مليار برميل من النفط المتوفرة من التنقيب... وبذلك توفّر الرخاء والسعادة لمليارات البشر المحيطين بطاولة هذه المأدبة من الموارد الجوفية.

لحد الآن لم ينقص سكان الأرض شيء. فمنذ بداية الثورة الصناعية في القرن التاسع عشر، نرى السكك الحديدية تتوسع باستمرار والبنايات تُشيّد والأسلاك النحاسية تُمدّد لتوسيع شبكات الكهرباء والمواصلات السلكية. كما يشهد العصر الحالي تزايدا في أنواع الأدوات عالية التقانة التي تستعمل المعادن الباهظة الثمن (مثل الذهب)، وحتى تلك التي يصعب توقعها (من يعرف مثلا اليتريوم؟).



عالم موارده محدودة

للوهلة الأولى، وبالنظر إلى أبعاد الأرض الشاسعة مقارنة بأبعادنا، فإنه لمن الصعب تصور أنّ تكون موارد الأرض محدودة... لكن أبحاث الجيولوجيين تمكننا من الوقوف على الحقيقة، وهي أنّ كمية الموارد التي يمكن الاستحواذ عليها لا تمثّل سوى جزء ضئيل مما يتشكل منه كوكبنا. لنحاول تفكيك هذا البناء...

ومن الأمور العجيبة أنّه بالرغم من تضاعف الطلب على المركبات المعدنية ابتداء من القرن العشرين بـ ٢٧ مرّة فإنّ عمال المناجم ما زالوا قادرين على تلبية جميع الطلبات. بل تجد دوما مهندسين قادرين على التصدي لهذا التحدي حتى لو بلغت الصين والهند مستوى الترف الغربي خلال العقود القادمة (يتطلب كل أمريكي ٢٤٠ كلغ من النحاس). لكن هل رفع هذا التحدي حقًّا أكيد؟.

التقنية واقتصاد السوق وعبقرية الإنسان: آلية لم تعد فعالة

هناك مؤشرات عديدة تدلّ على أنّ الشعور بوجود وفرة كبيرة من الموارد هو ضرب من الخيال (انظر الصفحة المقابلة). عندما ننظر إلى الوتيرة المتسارعة أُسِّيًا في استهلاك الموارد ندرك أنه يستحيل أن تواصل البشرية التزود من القشرة الأرضية دون الاصطدام بالواقع الذي ينبئ به علم الجيولوجيا. فبين عشية وضحاها يمكن ألا تلبى بعض احتياجاتنا من موارد الأرض. بين عشية وضحاها؟ لا!... بل قد يكون الأمر قد بدأ ... الآن.

هذا النقاش ليس وليد اليوم، فمنذ قرنين و"الوَفْريون" Cornucopians و"الملتوسيون" Malthusians يتجادلان. يتألف الفريق الأول من المتفائلين الدائمين الذين يعتقدون أنّه يمكن تلبية رغباتنا من الثروات بدون انقطاع، أما الفريق الثاني فيتكون من الراسخين في التشاؤم من أمثال توماس مالتوس Thomas Malthus، الذي ألف كتابا حول مبدأ السكان An Essay on the Principle of Population سنة ١٧٩٨م، توقع أشد الأضرار التي ستلحق بالمجتمع: السبب هو نقص الأراضي الخصبة نتيجة الانفجار الديموغرافي.

إنّ المتمعّن في المسألة السابقة يرى أنّ نظرة المتفائلين هي التي كانت لها... الغلبة. ذلك أنه لحد الساعة استطاعت آليات السوق – المحبوبة لدى "الوفريين"– الوقوف أمام ظهور أي نقص. ويرجع ذلك إلى كون ندرة المادة الأولية تؤدي تلقائيا إلى ارتفاع سعرها فيدفع ذلك إلى تطوير طرائق التنقيب عنها واستخراجها –وهو ما أدى إلى تحسين مردود التنقيب بالحفر بـ ٩٠ مرة خلال القرن الماضي. ومن ثمّ يتحقق التوازن بين العرض والطلب بطريقة تلقائية. تلك هي معادلة "الوفريين" التي يبدو لها بأن تآزر تأثيرات اقتصاد السوق والتكنولوجيا وعبقرية الإنسان يُبعد بصفة آلية شبح الندرة. لذا فما الدافع الذي يدعونا إلى التفكير في تعطُّل هذه الحركة الرائعة؟ لأن هناك عدّة مؤشرات تنذر بوجود خصاصة في معادن النحاس والفوسفور واليورانيوم والذهب والزنك، وكذا عناصر أخرى عددها في تزايد. وهذه المؤشرات تنبئنا بدخول عهد جديد، عهد المالتوسيين.

M.BERCEANU/GETTY - ANYFORM DESIGN



الأرض:

تُقدّر كتلة كوكبنا الأرض بستة آلاف مليار المليارات من الأطنان. إن استغلال جميع محتوياتها غير ممكن، فمثلا التزود ذات يوم من نواتها المكوّنة من معدني الحديد والنيكل الموجود على مسافة ٢٩٠٠ كلم تحت أقدامنا أمر مستحيل.

القشرة الأرضية:

إنها الطبقة الخارجية من الأرض، وهي تتكوّن من صخور صلبة، تمثل ٠،٥٪ من كتلة الأرض، أي حوالي ٣٠ مليار المليارات من الأطنان. وذلك يعادل المساحة التي يستطيع الإنسان أن ينقّب فيها ويحفر عندها إلى أعماق تبلغ بعض الكيلومترات.

المخزون القابل للاستغلال:

العناصر الضرورية للإنسان موزّعة ومتناثرة في الصخور وهي صعبة الاستخلاص منها بالنظر إلى الناحيتين التقنية والاقتصادية. إنّ نسبة كتلة المعادن في القشرة الأرضية تتراوح بين ٠،١ و ٠،٠٠١٪، وهي تتواجد في شكل عروق معدن متجمّعة يسهل استغلالها.

الماء:

الكوكب الأزرق هو أيضا مليار المليارات من أطنان الماء. وقد تجمّعت المعادن في المحيطات نتيجة الانجرافات التي خضعت لها الصخور خلال آلاف السنين. إنه مخزون بديل من المعادن، لكنه قليل عندما نقارنه بمخزون القشرة الأرضية.

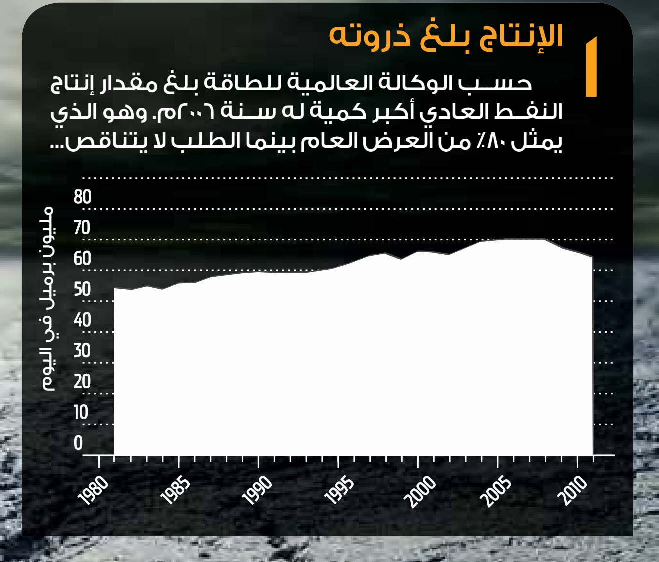
الهواء:

العنصر الأخير: لا تزيد كتلة غلاف الجو عن جزء المليون من كتلة الأرض. وهو يتكوّن أساسا من غازي الأكسجين الذي نستنشقه والنيتروجين الذي يستخدم في صناعة السماد. أما الغازات الأخرى فكمياتها ضئيلة جدا بحيث لا يمكن استغلالها.

إنتاج بلغ ذروته

من منا لا يعرف التنبؤات المتشائمة لكاسندرا Cassandra والتي لم تتحقّق؟ بالتأكيد، مالتوس نسي ذلك، وكذا ويليام جفونس William Jevons، وتنبأ سنة ١٨٦٥م بنفاد مناجم انكلترا من الفحم الحجري. كما أن هناك تقريراً أصدره نادي روما سنة ١٩٧٢م بعنوان "أوقفوا النمو" استند إلى نماذج عددية تتوقع نفاد كلّ من النفط والنحاس والقصدير. غير أن الوضع الآن مختلف! لأن تلك الندرة التي كان يراها مالتوس قادمة والتي كان الوفريون يأملون دائما في الابتعاد عنها لم تصبح مفهوما نظرياً. إنها صارت أمرا ملموسا أمام أعيننا إذ نشهد الآن استنزافا كبيرا للنفط، الكنز الكبير الآخر للمعمورة، وهو المصدر الرئيس للطاقة.





وقد بلغ هذا الاستنزاف حسب التقارير الرسمية نسبة ٨٠٪ من إنتاج النفط بالطرق التقليدية الحالية. وفي نوفمبر ٢٠١٠م كشفت الوكالة الدولية للطاقة أنّ إنتاجها بلغ ذروته سنة ٢٠٠٦م (أنظر الشكل ١)، وأن هذا المستوى من الإنتاج لن تبلغه أبدا في المستقبل. "أبداً" حسب تصريح هذه المؤسسة المتحفظة في إعلاناتها. نعم لن نصله أبداً! في الوقت الذي يتزايد فيه الطلب على الطاقة بصفة مستمرة نجد العرض قد قارب حده الأقصى، بل يتجه نحو الانهيار إذا لم تُبذل مجهودات تفوق طاقة البشر. وبالرغم من أنّ الاحتياطي المتبقي يبدو كبيرا جدا فإن استخراجه يتطلب مدة زمنية طويلة. لذا فعندما يعجز العرض عن تلبية الطلب يكون النقص بالمرصاد وتبرز الندرة والشح في الموارد، وتتبيّن لنا محدودية هذا العالم من تلك الموارد. وباختصار فإن مالتوس بلغ مراده في بلاد الذهب الأسود.

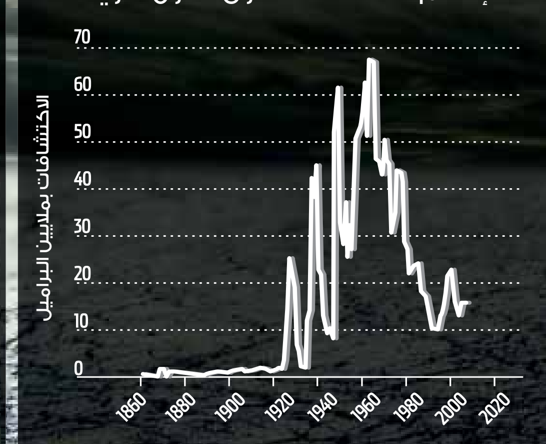
يرى يوغو باردي Ugo Bardi، الباحث في الكيمياء بجامعة فلورنسا أنّ النفط يقع على رأس قائمة طويلة من المواد الأولية التي سنفتقدها مستقبلا. ذلك أن الأمر يتعلق بظاهرة عالمية حيث يصرّح باردي في هذا الصدد: "إنّ عمليات استخراج النفط أو الموارد المعدنية الأخرى تخضع لنفس العوامل الفيزيائية والاقتصادية. وبذلك فإن الحديث عن ذروة إنتاج الذهب أو النحاس أو الفوسفور مجرد هراء. فعند بلوغ مستوى معين يعجز المجتمع عن تخصيص أرصدة مالية لمواجهة نمو الطلب". إنّ المقارنة مع المعادن جريئة ومثيرة للجدل. يكفي أن نتذكر بأنّه يمكن استرجاع هذه المعادن بعد الاستعمال بينما النفط يختفي بعد احتراقه. ورغم ذلك: هناك أعراض محيرة يشترك فيها النفط والمعادن سويّة...

إنّ أول مؤشر لحالة النقص هو العدد الهزيل للحقول النفطية المكتشفة حديثا. فاستنادا إلى هذا

٢ وتيرة اكتشاف حقول النفط في تناقص

الحقول البترولية الكبرى هي التي اكتشفت في البداية، وأفضل سنة في هذا الباب كانت ١٩٦٤م.وبالرغم من الجهود المتواصلة المبذولة في مجال الاستكشاف فإننا لم نعد نكتشف سوى حقول ثانوية.





٣ الحقول الكبيرة في طريق النفاد

المنحنى يبين استغلال الحقل المكسيكي كنتريل Cantarell الذي يعتبر ثاني أكبر حقل في العالم. وعلى شاكلته توجد معظم الحقول الكبرى حيث دخلت كلها مرحلة تراجع في الإنتاج (بمعدل -٦,٥٪ سنويا). في حين أن هذه الحقول العملاقة هي التي كانت تدر الإنتاج العالمي منذ عقود.



FOTOLIA-M.KONTENTE

الرقم وابتداء من سنة ١٩٩٨م تنبأ بشكل رائع المتقاعدان المختصان في جيولوجيا النفط الأمريكي كولين كامبل Colin Campell والفرنسي جان لهرير Jean Lahérrére (المنتسب قديما إلى شركة توتال Total) ببلوغ الذروة في "إنتاج نفط منخفض الثمن"، وذلك ما شهده فعلا عام ٢٠٠٦م. صرّح جان لهرير في هذا الصدد: "يكفي أن نستكمل رسم المنحنى الذي يمثل المستقبل بناء على معطيات الاحتياطيات المكتشفة". ففي حالة النفط تمّ بلوغ ذروة الاكتشافات سنة ١٩٦٤ (انظر الشكل ٢). والأسوأ من ذلك أنه ابتداء من سنة ١٩٨٠م أصبحت البشرية تستهلك من البترول أكثر مما تكتشفه. أما بالنسبة للموارد المعدنية فقد لاحظ روبرت غوردون Robert Gordon، الباحث في الجيولوجيا المنتسب إلى جامعة يال Yale الأمريكية أن "وضعية النفط مشابهة للحالة التي توجد عليها بعض المعادن، مثل النحاس".

> **البترول لم يعد الوحيد الذي له مستقبل مرهون... بل ذلك يمس عديداً من المعادن**

المؤشر الثاني للنقص: الإفراط في استغلال الحقول والمناجم الضخمة، وهي التي تساهم بنسبة كبيرة في الإنتاج العالمي. لقد درست حالة النفط دراسة موثقة (انظر الشكل ٣)... تذكّرنا بنضوب بعض الحقول الشهيرة. تلك كانت حالة المنجم الضخم من النحاس الموجود في السويد بستورا كوباربرغ Stora Kopparberg الذي أُغلق سنة ١٩٩٢م، وهو الذي كان يزوّد كامل أوروبا خلال القرنين السادس عشر والسابع عشر. وتلك أيضا حالة عروق معدن الذهب الأسطورية الموجودة بجنوب إفريقيا في مقاطعة راند Rand والتي هي في طريق النفاد... وإذا كان الإنسان بعيدا الآن عن استنفاد كل ما في الأرض من خيرات فيبدو أنه استهلك أثمن ما فيها من كنوز!.

٤ آلية التسعير لم تعد مجدية

بينت إحدى الدراسات أن التهاب أسعار الخام (+١٥٪ سنوياً) منذ سنة ٢٠٠٥م لم يمكّن المنتجين من رفع الإنتاج تلبية للطلب المتزايد. وكأنهم في كل مرة يصطدمون بجدار...



٥ الاستخلاص يزداد صعوبة يوماً بعد يوم

يتطلب النفط حالياً طاقة أعلى لاستخلاصه لأنه صار أكثر عمقاً تحت سطح الأرض، وأكثر لزوجة،وأكثر تداخلاً مع مواد أخرى. يجب الآن صرف برميل من الطاقة مقابل الحصول على ١٨ برميل من النفط، في حين كنا نحصل بتلك الطاقة على ١٠٠ برميل في سنوات ١٩٣٠م.



المؤشر الثالث الباهر: إنه تطور الأسعار. فحسب دراسة نشرتها مجلة نيتشر Nature في يناير الماضي، تبيّن أن الزيادة في سعر النفط الخام، ابتداء من سنة ٢٠٠٥ لم يمكّن المنتجين من الزيادة في الإنتاج لتلبية الطلب المتزايد (انظر الشكل ٤). وقد صرّح لنا أحد أصحاب هذه الدراسة، وهو جامس موراي James Murray المنتسب لجامعة واشنطن، بما يلي: "إن تحليل وضعية بعض المعادن، كالذهب والنحاس، تجعلنا نتوقع حدوث نفس الظاهرة".

والطلب يزداد يوما بعد يوم

وفي النهاية، فإن آخر الأعراض المالتوسية الذي يدل على حالة النقص في الموارد يختفي وراء مقدار الطاقة التي تستهلك للحصول على نفس الكمية من المادة. ذلك أننا نلاحظ في حالة النفط أن هذا العامل في تزايد مستمر حتى أصبح التسابق في الإنتاج مضنيا (انظر الشكل ٥). إنها وضعية مريرة تنطبق على المعادن. وقد أشار إلى ذلك روبرت غوردون بالقول: "في معظم مناطق العالم، لا يوجد نحاس في حالة نقية لأن هذه النوعية قد تم استغلالها منذ عصور ما قبل التاريخ". وهذا ينطبق أيضا على الحديد النقي القابل للطَّرق. ومن المعلوم أن المعادن المُستغَلة حاليا موجودة في شكل أكسيدات أو مركبات كبريت التي ينبغي استخلاصها من أحجارها، ثم إخضاعها للتحليل الكهربائي، وبعد ذلك يجب تنقيتها باستخدام العديد من المواد الكيميائية. لقد عبّر غافين مود Gavin Mudd (المنتسب لجامعة موناش Monash الاسترالية) بمرارة عن هذا الوضع قائلا: "نسبة المعادن في هذه الحقول تتناقص باستمرار، ولا شك أن هذا التراجع سيتواصل". أضف إلى ذلك أن التنقيب في مساحة كبيرة من الأرض يتطلب كمية أكبر من الطاقة... فحسب عدة مصادر، تستهلك صناعة المناجم نسبة تتراوح بين ٤٪ و ١٠٪ من الإنتاج العالمي للطاقة الأولية.

لكنه يصعب تصور قدرة الإنسان اللانهائية على استغلال مناجم ضعيفة المردود، على الأقل بالنسبة لبعض المعادن النادرة. يعلل هذا الوضع بريان سكينر Brian Skinner، الأستاذ في علم المعادن بجامعة يال الأمريكية فيقول: "الغالبية الكبرى من العناصر المعدنية تكون مبعثرة في الصخور التقليدية تحت الأرض". لذا تتضاعف كمية الطاقة اللازمة للاستخلاص

عشـر مرات في هذه الحالة. ويضيف: "إنني غير متفائل بقدرة الصناعة على تجاوز هـذا العائـق في علـم المعادن". أمـا إذا أضـفنا لما سـبق ارتفاع سـعر النفـط فـإن ذلـك سـيقلص حتما من عـدد المناجـم القابلـة للاسـتغلال، وهذا سـيؤدي إلى سلسلة من وضعيات الندرة...

توجد عدة عوامل ومؤشـرات مقلقة حاليا كان لها صـدى في ميداني البحث العلمـي والصـناعة، وهـي قلـة عـدد الاكتشافات واستنزاف المناجم الكبرى والعجز في الأسواق بالإضافة إلى تزايد تكلفـة الطاقـة... فالخـوف مـن نفاد الاحتياطيات في السـوق أصبح واضحا للعيـان: لقـد تكاثـرت التقاريـر حول التمويـن بالمعـادن في أمريـكا وأوروبـا واليابـان. وإذا أضـفنا إلى العوامـل الجيوسياسـية المتعلقة باحتكار الصين لاستخراج بعض المعادن ندرك كيف أن تضـخم الطلب صار مركز الانشغالات. الأمر واضـح: تتطلب العشـرين سـنة القادمـة كمية من المعـادن تعادل كمية المعادن التي تمّ اسـتغلالها خلال تاريخ البشـرية! غير أن شـهية عمال المعادن قـد تفتّحت على لوحة مزيّنة بعدد كبير من المعادن. ففي سنة ١٩٨٠م كان عدد المعادن المسـتغلة لا يتجاوز العشرة، أما الآن فإنّـه تجاوز الخمسـين. تُسـتعَمل هـذه المعـادن حاليـا في الحواسـيب، وفي محـركات الطائـرات، وفي أجهـزة التصوير الطبي.

لقـد كـثُرت العـودة مؤخـرا إلى الجـدول الـدوري وأصـبحت خاناتـه تشتعل الواحدة تلو الأخرى إيذانا بقرب نفاد عناصرها...

الماء والهواء، وكذلك الأرض

من بيـن العناصر الأربعة القديمـة، النار (التي يمكـن تشـبيهها بنفطنـا) ليسـت الوحيـدة المهددة بحكم جشـع الإنسان. أما الأرض فهي معرّضة للتآكل والانجراف المتسـارعين بسـبب الفلاحـة. فتربة بعض المناطـق تتعرّض للزحف بسـرعة تفوق سـرعة زحفها في السـابق بمائة مـرّة. وأمـا المـاء فقـد تضاعـف اسـتغلاله مـن الاحتياطيات الجوفية غير المتجدّدة بثلاث مرات خلال الأربعين سنة الأخيرة. وهو يساهم بنسبة ٢٠٪ من احتياجاتنا من مياه السـقي المستعملة في الزارعـة. وأخيرا، الهواء فإنّـه متوفر بما فيه الكفايـة، لكنـه بـدأ يفقـد مـن جودته بسـبب تراكم النفايات.

الفحص الدقيق لموارد الأرض

يحصي الجدول الدوري لمندلييف Mendeleïev جميع العناصر الموجودة على الأرض، ويرتبها حسب تزايد عدد بروتوناتها في نواة الذرة (الرقم الموجود على يسار الرمز). ومن ثمّ نستنبط خصائصها الفيزيائية والكيميائية مثل: الصلابة ومقاومة درجات الحرارة العالية والنشاط الكيميائي وغيره. بينما لا يقدم الجدول معلومات أخرى كوفرتها في الطبيعة ومستوى الطلب عليها... «سنشعل» باللون البرتقالي العناصر السائرة نحو النفاد.

الستة وعشرون عنصراً التي سنفتقدها

خيرات الأرض محدودة... وبعض الموارد هي الآن مهددة. إليكم قائمة، تنشر لأول مرة، بأسماء المواد الوشيكة الندرة.

وُضع الجدول الدوري للعناصر – أو جدول مندلييف Mendeleïev، نسبة للعالم الذي اكتشف قانون الدورية – في بداية النصف الثاني من القرن التاسع عشر، وهو يعرض جردا شاملا لمختلف العناصر الموجودة فوق سطح الأرض انطلاقا من الموارد المتوفّرة. هناك معادن وعناصر ترابية نادرة وغازات نادرة... عدد تلك العناصر لا يقل عن ١١٨ عنصراً، وهذا شاهد على ثراء كوكبنا. ولكن، للأسف الشديد هذه الثروة محدودة! إليكم، على غرار القائمة الحمراء العالمية للأنواع المهددة، قائمة من المواد الأولية التي تتزايد ندرتها تدريجيا. إنها قائمة طويلة، تضم في آن واحد عناصر يجهلها عامة الناس (مثل الأنتيمون Sb والنيوبيوم Nb والانديوم In...)، وعناصر تعتبر ركائز أساسية لتطور المجتمعات خلال آلاف السنين (مثل الذهب والفضة والنحاس...).

لقد أعددنا هذه القائمة بعد تحليل دقيق للدراسات التي تزايدت كثيرا خلال السنوات الثلاث الأخيرة وتناولت الحالة التي توجد فيها هذه الموارد –وهذا مؤشر على ظهور وعي جديد بهذه القضية. فهناك تقارير قدمتها اللجنة الأوروبية، وكذا تقارير وزارة الطاقة بالولايات المتحدة، وتقارير مكتب الدراسات الجيولوجية



ببريطانيا، بالإضافة إلى بعض المقالات الجامعية التي تعتبر أكثر سرية : استهدفت كل دراسة عددا من العناصر واصفة التزود بها بـ"الحرج" أو "ذي خطورة" أو "استراتيجي". والمعايير تختلف قليلا لأن الندرة - كما تقدّم في حالة النفط - مفهوم معقّد: هناك عدة أسباب، غالباً ما تجتمع لتعتبر أن توفر عنصر من العناصر أمر يزداد عليه الضغط عاجلاً أو آجلاً.

على أية احتياطيات نتّكل؟

من العوامل المسببة في ندرة بعض العناصر هناك العوامل الجيولوجية أو التقنية وقلة وجودها في الطبيعة، بالإضافة إلى صعوبة استخلاصها، وكذا ضعف مستوى أو استحالة استرجاعها وصعوبة أو عدم إمكانية استبدالها. كما يجب أن نراعي العوامل الجيوسياسية والاقتصادية: الاحتكار، وعدم الاستقرار في البلدان المنتجة، والتدابير الخاصة بالمحافظة على البيئة أو زيادة الطلب الكبيرة في القطاعات المتسارعة النمو (كقطاعي التقنيات المتطوّرة والطاقات البديلة). فإذا كان الحصول على هذه العناصر صعبا وباهظ الثمن الآن، أو مستقبلا، فهذا لا يعني أنها مهددة بالانقراض: يستحيل أن ينقرض أحدها. وإذا تمكنّا من تقدير السنوات المتبقية التي سيتوفر خلالها عنصر ما وذلك بعد معرفة الكميات التي تمّ جردها وكميات الاستهلاك الحالية فمن الجائز أن نجد أنفسنا أمام مفاجأة قد تكون سارة أو غير سارة. وبطبيعة الحال، يمكن إرجاء الندرة وإبعاد شبح النفاد إذا ما تمّ اكتشاف مناجم جديدة أو تطوير طرق جديدة في الاستخلاص أو تغيير وتيرة الاحتياجات. أما في الظرف الراهن فها هي قائمة الستة والعشرين عنصرا الواقعة تحت طائلة للرقابة.

النحاس



الاستعمالات

الالكترونيات وصناعة الحلي

الموارد الأكيدة

٦٣٠ مليون طن

الانتاج السنوي

١٦ مليون طن

الاحتياطي

٣٨ سنة

لقد مكّن هذا العنصر الإنسان من الخروج من العصر الحجري، وهو حاضر على الدوام في حياتنا اليومية. النحاس هو في آن واحد العمود الفقري والجهاز العصبي لمجتمعاتنا لأنه يستعمل في الطاقة والمواصلات والنقل والبناء والالكترونيات... إنّ هذا "المعدن الأحمر" لا يمكنه الاستمرار طويلا في القيام بنفس الدور لأن نمو كل من السكان والاقتصاد العالمي في القرن العشرين فجّر الطلب على هذا المعدن المطاوع وجيد التوصيل للكهرباء. وهكذا فإنّ نسبة ٩٨٪ من الكمية الإجمالية لهذا المعدن التي استخلصتها البشرية خلال الألفيات السابقة (والمقدّرة بـ ٦٠٠ مليون طن) تمّت بعد سنة ١٩٠٠!.

يبدو أن الشراهة على هذا المعدن ستزداد مستقبلا. فحسب تقارير منظمة الأمم المتحدة المنشورة سنة ٢٠١٠م، والتي تقيّم الاحتياطات من المعادن المخزّنة لدى مجتمعاتنا،

نحو نهاية ١٠٠٠٠ سنة من الاستغلال

يتبيّن أن كل مواطن يتطلب في الدول المصنّعة ما بين ١٤٠ و ٣٠٠ كلغ، بينما زاد الفرد الواحد يتراوح بين ٣٠ و٤٠ كلغ في بقية العالم. إن التحول الذي طرأ في البلدان التي برزت مؤخرا، مثل الصين والهند والبرازيل، نجمت عنه زيادة كبيرة في الطلب. وفي هذا الصدد يقول روبرت غوردون الباحث بجامعة يال: "إنّ توفير نفس الخدمات التي يقدمها حاليا النحاس في الدول المصنّعة في جميع أنحاء العالم يتطلب تحويل مخزون جميع المناجم المعروفة حاليا والاسترجاع الكامل لهذا المعدن". والملاحظ لحد الآن أن المناجم استطاعت أن تزودنا بكمّ وافر من هذا المعدن النفيس بفضل الاكتشافات الجديدة، وأيضا بفضل استخلاص خامات نسبة النحاس فيها ضعيفة ضعفا متزايدا. فبعد ١٠٠٠٠ سنة من الاستغلال يجب ألا نطمع في جمع المعدن نقيا مباشرة من الطبيعة، بل ينبغي البحث عنه داخل الصخور التي يتواجد فيها بنسب تقل عن ١٪. لقد سمح النجاح في استغلال المناجم الفقيرة بمضاعفة الاحتياطيات المعروفة والقابلة للاستغلال من الناحية الاقتصادية بـ ٢٥ مرة خلال ١٠٠ سنة.

قرب اختلال التوازن

غير أنه في نفس الفترة السابقة تضاعف الطلب على المعدن بثلاثين مرة، حيث قفز من ٠,٥ مليون طن سنة ١٩٠٠م إلى ١٦ مليون طن في سنة ٢٠١١م. وبذلك فإن "الطبقة السميكة" التي تكوّنت من تزايد المخزون تضاءل سمكها تدريجيا. في سنة ١٩٤٠م كان الاعتقاد السائد أنه بالإمكان توفير احتياطي من النحاس يكفي لمدة ٦٠ سنة بناء على معرفة كمية المخزون ووتيرة الإنتاج في تلك الحقبة من الزمن. أما اليوم فقد انخفض التقدير السابق إلى ٣٨ سنة بالرغم من اكتشاف مناجم جديدة وظهور تقنيات استخلاص أكثر نجاعة. يقول توماس غراديل Thomas Gradel، الباحث بجامعة يال: "يجب النظر إلى النتيجة السابقة كمؤشر للتوازن بين التموين والطلب". وهو توازن سيختل إلى جهة هي في غير صالحنا وبذلك يتوجب علينا أن نسعى بسرعة إلى اكتشاف مناجم جديدة.

أما ريشارد شود Richard Schodde، مدير الشركة الاسترالية MinEx Consulting فيقول: "لكي لا نصطدم بنهاية التموين على المدى البعيد يجب توفير كمية تفوق الكمية الحالية مرتين أو ثلاث. بينما الكميات المكتشفة من النحاس خلال العقد الأخير فكانت أكبر بمرتين. يتنبأ ريشارد شود بانخفاض هذه النسبة إلى نسبة تحت العتبة الحاسمة خلال السنوات القادمة، ويضيف: "إنّ عدد الاكتشافات في تناقص، والمنجم المكتشف حديثا يتطلب مدة زمنية تتراوح بين ٥ و٢٥ سنة لكي يصبح قابلا للاستغلال. وبذلك فإن الصناعة مقبلة في الآجال القريبة على مواجهة صعوبات في التموين." وهكذا فرجل المناجم الذي ولد بفضل النحاس (أقدم معدن استخرجه الإنسان) يواجهه اليوم تحد يتمثل في إطالة عمر هذا المعدن...

اليوروبيوم، التربيوم، اليتريوم

شبح عالم بدون ضوء



الاستعمالات
الالكترونيات
الموارد الأكيدة
غير محددة
الانتاج السنوي
١٠٠٠ طن في المجموع
الاحتياطي
غير محددة

بدون هذه العناصـر الثلاثة، علينا العـودة إلى التلفـاز الأسـود والأبيض! ذلك أن اللون الأحمر ينتج على شاشتنا من اتحـاد التربيوم واليتريوم، والأزرق مـن اليوروبيوم وحـده، والأخضـر من التربيـوم (انظـر الصـورة). يوضـح المسـألة باتريـس كريسـتمان Patrice Christmann، المسـؤول عـن المـوارد المعدنيـة في مكتب أبحـاث الجيولوجيا والمناجـم بالقـول: "بعـد اسـتعمالها المفرط خلال الخمسين سنة في أجهزة التلفـاز المجهّـزة بأنابيـب كاثوديـة لا زالت هذه المعادن تسـتعمل إلى الآن في الشاشات المسطحة البلازمية وشاشات البلّورات السـائلة LCD". إنـه لا يمكن الاسـتغناء عن خصائص التألق والتلألـؤ التـي تتميز بها هـذه المعـادن! وهي تستخدم حاليا في المصابيح الجديدة المسـتعملـة في خفض اسـتهـلاك الكهرباء وزيـادة التوهج. ذلك ما جعل وزير الطاقة الأمريكي يصـف الوضـع بـ"الحرج": سـتنفد العناصـر الثلاثة، اليوروبيـوم، التربيـوم، اليتريـوم قبل سنة ٢٠١٥م.

الأنتيمون (الستيبيوم)

مناجم ملوّثة، مواردها ستنفد قريباً



الاستعمالات
مبطئ اللهب
الموارد الأكيدة
١,٨ مليون طن
الانتاج السنوي
١٦٩٠٠٠ طن
الاحتياطي
١١ سنة

يحفظنـا هـذا المعدن مـن الحرائق لأنه يساعد على إبطاء اشتعال اللهب في الأصباغ والنسـيج والبلاستيك... ولأنه يؤدي هذا الـدور في الوقاية فهو معرّض للنقصـان. المنتج الرئيس لهـذا المعدن هو الصـين، لكنها أغلقت عـدة مناجم ومسـبَكات خـلال السـنتين الأخيرتين، سـيما في منطقة هونـان Hunan التي كانت تؤمن نسـبة ٦٠٪ من الاحتياجات العالميـة. سـيعاد انطـلاق إنتـاج هـذه المناجم من جديد بعد خضوعها للتقييس العالمي. لكن ذلك لن يدوم طويلا إذ أن استغلال مناجم هذه المنطقة طيلة قرن من الزمن ترك مخزونا لا يوفر سـوى ٥ سنوات من الإنتاج.



الفوسفور

ضروري للتغذية العالمية



الاستعمالات

الزراعة

الموارد الأكيدة

٦٥ مليار طن

الانتاج السنوي

١٩١ مليار طن

الاحتياطي

٣٤٠ سنة

الرهان بسيط جدا في حالة هذا المعدن: تستحيل الحياة بدون عنصر الفوسفور! يكفي التذكير بأنّ هذا العنصر موجود في بنية الحمض النووي الريبي منقوص الأكسجين DNA الذي ينظم التنفس –وكذا التمثيل الضوئي في النباتات– وينظم كذلك أيض الخلية. لذا فإن أي إنسان يحتاج إلى نحو غرامين في اليوم من هذا العنصر. ما هو مصدره؟ يأتي من الغذاء النباتي والحيواني. دورة هذا العنصر تبدأ من الأسمدة التي نحصل عليها من مناجم الفوسفات، وهو يساعد في نمو المزروعات التي تتغذى منها الأنعام. وبهذا الصدد يحذر جان كلود فاردو Jean Claude Fardeau، المنتسب للمعهد الوطني للأبحاث الفلاحية : "لا يوجد أي بديل ممكن للفوسفور، ولذا فهو ضروري للكائن الحي".

والأمر المحيّر هو أنّ موارد الفوسفور لم تخضع إلى أية تدابير خاصة! وهذا رغم التحذير الذي جاء على لسان باحثين من معهد Institute for sustainable futures الأسترالي، الذين أعلنوا أنه بالنظر إلى وتيرة الاستهلاك العالية فمستوى إنتاج الفوسفور سيبلغ الذروة سنة ٢٠٣٠م، وهذا يتزامن مع نفاد المناجم الجيدة في أنحاء العالم. إن هذا التقدير مثير للجدل ومقلق، لأننا لا نستطيع إنتاج كمية من الفوسفور تغطي احتياجات تسعة مليارات من السكان المتوقّعة سنة ٢٠٥٠م. يذكّر جان كلود فاردو بأن من الناحية التاريخية: "البشرية كانت دائما تقوم باسترجاع الفوسفور دون أن تدري، وهذا بإعادة استعمال فضلات الحيوانات كسماد بالإضافة إلى فضلات الإنسان التي تكون أغنى بالفوسفور. ذلك عهد كان فيه كل المزارعين مربين للمواشي". وبعبارة مختصرة، كان هناك توازن شامل دون الحاجة إلى معرفة وجود الفوسفور ولا تأثيراته في نمو النباتات.



إسراف في الاستهلاك

يعود اكتشاف الكيميائيين لدور هذا العنصر إلى بداية القرن التاسع عشر، في الوقت الذي كانت تظهر فيه مجاعات، وبذلك كانت الزيادة في مردود الزراعة مطلوبة. استخدم في البداية ذرق الطيور الموجود في الحفريات حتى نفاده. ثم عوّض منجم الفوسفات هذا السماد وأصبح له دور لا يستهان به في النمو السكاني في العالم والذي ارتفع بمعدل أربع مرات خلال القرن العشرين. لنقارن بين مردود القمح الذي ظلّ راكدا بين طن أو طنين في سنة ١٩١٥م وهو يتجاوز حاليا سبعة أطنان في الهكتار الواحد.

هذه الثورة الخضراء كانت ناتجة عن إفراط في استعمال المناجم. ويقدم هنا كلود فاردو مثالا : "بين سنتي ١٩٤٥ و١٩٧٠ استهلكت فرنسا تقريبا كمية من الفوسفات تفوق ثلاث مرات الكمية الضرورية وتخلت عن استعمال السماد الطبيعي." ينبغي الإشارة إلى أن جذور النباتات تستوعب فوسفور السماد بصعوبة. كما أن هناك خسائر ناتجة عن الانجراف والتبذير. نتيجة ذلك : من الـ ١٥ مليون المنثورة سنويا من الفوسفور تصل كمية ثلاث ملايين طن فقط إلى صحون وجباتنا. والمؤسف أنّ الثلاثة مليون طن التي تطرحها أجسامنا كفضلات لا تستفيد منها التربة الفلاحية. إنّ تنظيم العمران حاليا يجعل فوسفور الفضلات يمر عبر قنوات صرف المياه لينتهي في قاع البحر... دون التفكير في استرجاعه.

الخسائر فادحة والطلبات أصبحت مقلقة، كما تشير أندريا يولريخ Andrea Ulrich، الباحثة في معهد القرارات البيئية بالمدرسة المتعددة التقنيات بزيوريخ: "بالإضافة إلى زيادة السكان فإن ارتفاع مستوى استهلاك الهنود والصينيين للحوم يرفع من كمية الفوسفور المستهلكة (مرتين مقارنة بالكمية الضرورية في حالة النظام الغذائي النباتي). كما يجب عدم إهمال ظهور الوقود النباتي الذي تتطلب مزروعاته كميات من الفوسفات". وتختم الباحثة : "إنّ إهمال هذه المسألة يمكن أن يعرّض الأمن الغذائي العالمي للخطر" لأن الطلب على الفوسفور لن يتوقف أبداً.

T.GRAY/VISUALS UNLIMITED - G.CIRADE

الهيليوم

التجهيزات العلمية الكبرى في خطر



الاستعمالات
البحث العلمي
الموارد الأكيدة
٤،٢ مليار متر مكعّب
الانتاج السنوي
١٨٠ مليون متر مكعّب
الاحتياطي
٢٣ سنة

للهليوم تطبيقات ممتعة توحي بأنّه موجود بوفرة كبيرة، (فهو يستخدم في الكرات التي تُرفع في الأعياد، وفي تغيير الأصوات)! ينتج الهيليوم إثر التفكك الإشعاعي الذي يحدث في الصخور الموجودة تحت سطح الأرض. يفلت الغاز إلى الفضاء الخارجي على شكل بقايا (تبلغ نسبتها ٠،٠٠٠٥٪). وتعتبر خزّانات الغاز الطبيعي المنخفضات الوحيدة التي يتجمع فيها الغاز. يوضح هذا الوضع نوبرت باشيكو Nobert Pacheco، المنتسب لمعهد المناجم بأمريكا، قائلا: "لا توجد حقول كثيرة بها كميات معتبرة من غاز الهيليوم تبرّر استرجاعها". توجد الحقول الغازية الأكثر غنى بتكساس، وهي في اضمحلال نظرا لطول مدة استغلالها. أما الكميّات الإستراتيجية المخزّنة في أمريكا منذ ١٩٢٥م (في العهد الذي كان يستعمل فيه الهيليوم في نفخ المناطيد الموجّهة) فإنها في طور النفاد.

إنها المصيبة عندما ندرك خصائص الهيليوم التي لا نظير لها. فهو يتميّز بانخفاض درجة حرارة غليان (-٢٦٩ °م)، ويمكن أن تبلغ درجة حرارته قيما بالغة الانخفاض تكون ملائمة للتجارب الفيزيائية ولتصنيع المغناطيسيات فائقة التوصيل التي تستعمل في المقاريب وأجهزة التصوير الطبي. وقد سبّب نقص هذا العنصر في تعطّل إطلاق كثير من الأجهزة خلال هذه السنة. كما أن الصناعة الفضائية لا يمكنها الاستغناء عن الهيليوم حسب الشركة الفضائية الفرنسية Arianespace: "إن أبعاد ذرات الهيليوم الصغيرة تجعله ملائما للكشف عن التسربات. وبما أنّه خامل كيميائيا فإنه لا يمكن الاستغناء عنه أثناء التخلص من الغازات الزائدة في خزّانات المركبات الفضائية قبل الإقلاع". ومن جهة أخرى يبدو هذا الخمول ضروريا في صناعة أنصاف الموصلات، وهي نشاط يعد في نمو مستمر. الأمل الوحيد: هو اكتشاف حقول جديدة في إمارة قطر أو روسيا تكون غنيّة بالهيليوم.

الدسبروزيوم والنيوديميوم

خطر على مستقبل الطاقات الخضراء



الاستعمالات
مغناطيسيات عالية الكفاءة
الموارد الأكيدة
غير محدّدة
الانتاج السنوي
٢٠٠٠ طن
الاحتياطي
غير محدّدة

من منا يتخيل مستقبلا بدون سيارة كهربائية أو متحركة بطاقة الرياح؟ إنّ السؤال مطروح ما دام يوجد طلب كبير على هذين المعدنين لأنهما مادتان ضروريتان للتقنيات الخضراء. فهما تستعملان في مغناطيسيات مولدات الكهرباء نظرا لخصائصهما المغناطيسية الفريدة. بدأت فكرة استعمال العنصرين منذ سنة ١٩٨٠م في الفترة التي كانت حركة التمرد في زائير تعطّل التموين بمعدن الكوبالت الذي كان يستعمل في صنع المغناطيسيات. تزايد استهلاكهما ابتداء من هذه الفترة بمعدل كيلوغرام من النيوديميوم لكل سيارة هجينة، وبمعدل طن لكل سيارة تعمل بطاقة الرياح.

يفيد استعمال الدسبروزيوم في مقاومة درجات الحرارة المرتفعة. لقد بلغت نقاوة هذا المعدن الذي تنتجه الصين نسبة ٩٧٪. يحذّرنا جاك لفتون Jack Lifton، مدير معهد الأبحاث في تقنيات المعادن الأمريكي بخصوص ندرة عنصري الدسبروزيوم والنيوديميوم قائلا: "الصينيون يصرّحون -وهم محقون في ذلك- بأن مناجمهم من العنصرين في طور النفاد". والدسبروزيوم هو المهدّد أكثر... مع الإشارة إلى أن اسم هذا العنصر مشتق من اللفظ اليوناني dysprositos الذي يعني "من الصعب الحصول عليه". وهذا غير مطمئن عندما نعلم حسب دراسة تمّت في معهد ماساشوستس للتقنية MIT الأمريكي أنه يجب رفع وفرة الدسبروزيوم بنسبة ٢٦٠٠٪ قبل سنة ٢٠٣٥ لكي نتمكّن من تحقيق أهداف تخفيض الكميات الملوِّثة من غاز ثاني أكسيد الكربون.

الرينيوم

معدن استخراجه بالغ الصعوبة



الاستعمالات

الطيران وغزو الفضاء

الموارد الأكيدة

٢,٥ مليون طن

الانتاج السنوي

٤٩٫٠٠٠ طن

الاحتياطي

حوالي ٥٠ سنة

ما من شك أن هذا هو المعدن الأصعب من حيث الاستخراج: يعود ذلك إلى كونه من مخلّفات مركب المولبدنيت... وهذه الأخيرة هي بدورها من مخلفات استخلاص النحاس. وباختصار، فكتلته تظهر في شكل دقائق في نهاية مراحل الإنتاج وسط رماد أفران التكرير. تصوّروا أن الكمية الأولى من العنصر التي ظهرت سنة ١٩٢٥م وتزن غراما واحدا تطلبت معالجة ٦٦٠ كلغ من خام المعدن! واليوم أيضا فإن إنتاج الصناعة العالمية من هذا المعدن لا يتجاوز ٤٠ أو ٥٠ طن من المعدن سنويا (مقابل ٢٠٠٠ طن من الذهب، كمثال). ما تبرير هذا الانشغال به؟ إنه أصبح ضروريا للطائرات المدنية والطائرات المطاردة —وهو ما يدل على أهميته الإستراتيجية. ذلك أن الرينيوم يسمح لتوربينات المفاعلات بمقاومة درجات الحرارة العالية جدا (التي تفوق ١٠٠٠°م)، ومن ثم تأتي فعاليته. أما مصير هذا المعدن فيظل هشًا...



اليورانيوم

قرارات حاسمة ينبغي اتخاذها في غضون الـ ٢٠ سنة المقبلة



الاستعمالات

الطاقة

الموارد الأكيدة

٢,٥ مليون طن

الانتاج السنوي

٥٤٫٠٠٠ طن

الاحتياطي

٤٦ سنة

هل توجد كميات كافية من اليورانيوم لتلبية احتياجات العالم من الكهرباء؟ بالرغم من كارثة فوكوشيما Fukushima باليابان فإنه يُتوقع تضاعف قدرة الكهرباء النووية مرتين قبل نحو ٢٠ إلى ٣٠ سنة. ومن هذا المنظور ستتراوح الاحتياجات من المعدن في سنة ٢٠٣٥م ما بين ٩٠٠٠٠ و ١١٠٠٠٠ طن سنويا. وهذه الكمية هي ضعف ما أنتجته مناجم اليورانيوم عام ٢٠١٠م! هل تستطيع هذه المناجم المحافظة على نفس الوتيرة من الإنتاج؟ هذا غير مؤكد حسب مارك دلباش Marc Delpech، رئيس برنامج العمليات الأولية في مديرية الطاقة النووية بوكالة الطاقة الذرية الفرنسية CEA: "بالنظر إلى الاحتياجات الحالية والمُتوقعة في الميدان النووي فإن الموارد المفترض تأمينها تعادل ٢,٥ مليون طن، وهي ستنفد من العالم قبل سنة ٢٠٣٥م. أما إذا أضفنا كمية اليورانيوم اللازمة حتى نهاية دورة تشغيل المفاعلات النووية فإن الطلب على المعدن سيبلغ ٦,٣ مليون طن". وهذه الكمية الأخيرة تساوي حجم الموارد المعروفة حاليا.

يجب إعادة الاستثمار في التنقيب

يحذر مارك دلباش قائلا: "ثم يجب استغلال موارد لم يتم اكتشافها بعد". من أجل ذلك ينبغي أن نستثمر في التنقيب الذي شهد تراجعا خلال سنة ١٩٩٠م قبل أن ينطلق من جديد ابتداء من سنة ٢٠٠٥م. ويضيف دلباش: "لم يتم أي اكتشاف معتبر في هذه المدة إذا استثنينا عمليات التوسعة التي تمّت في المناجم المعروفة". وعلينا ألا ننسى بأن الاستكشاف وبداية الاستغلال عملية طويلة النفس. وهكذا نلاحظ أن المنجم الباطني من اليورانيوم بمنطقة

الروديوم والبلاتين

معدنان نادران في الطبيعة



الاستعمالات

الحفز وصناعة الحلي

الموارد الأكيدة

البلاتين: ٣٠٠٠٠ طن، الروديوم: ٣٠٠٠ طن

الانتاج السنوي

البلاتين: ٢٠٠ طن، الروديوم: ٣٠ طن

الاحتياطي

حوالي ١٠٠ سنة

احذروا! الندرة: وجود الروديوم في قشرة الأرض أقل من وجود الذهب بعشر مرات، أي بنسبة شبحية تقدّر بـ ٠,٠٠٠٠٠٠١٪. والأدهى من ذلك أنه يتواجد دائما بمعية قريبه البلاتين في نفس عرق المعدن في بوشفلد Bushveld بجنوب إفريقيا. يخبرنا روبرت غوردون (جامعة يال) بأن: "البشرية استخلصت واستعملت نصف المخزون الكلي من المعادن الشبيهة بالبلاتين (البلاتينوئيدات)". والحاصل أنه إضافة إلى صناعة الحلي لا يمكن لصناعة السيارات الاستغناء عن استخدام هذين الحافزين في عوادم السيارات. وما الغرض من هذا الاستعمال؟ احترام التقييس العالمي الذي يزداد كل يوم صرامة في ميدان التلوث. كما أنّ للبلاتين دورا في مستقبل المواصلات لأننا لا نستطيع تصور صنع بطارية من الهيدروجين بدونه...

سيغارلاك Cigar Lake الكندية ما فتئ تاريخ انطلاقه يؤجل، وهو الذي قد يلبي ١٠٪ من الاحتياجات العالمية. لقد اكتشف هذا المنجم منذ ٣٠ سنة، وكان من المزمع أن يبدأ في الإنتاج عام ٢٠٠٧م، لكن الفيضانات التي تعرّض لها أجلت موعد انطلاقه إلى سنة ٢٠١٧. ومن جهة أخرى، فإن نصف المناجم المستغلة حاليا انطلق فيها الإنتاج قبل سنة ١٩٨٠م، ولذا فهي مجبرة الآن على أن تنتج خامات فقيرة بمعدن اليورانيوم وبتكلفة عالية من الطاقة.

ويعترف المحلل بوكالة الطاقة الذرية روبرت فانس Robert Vance: "سيحدث في المستقبل اختلال بين الطلب والإنتاج" لأن بعد كارثة فوكوشيما لم يحدث تطور سريع في تنمية المناجم كما كان منتظرا. ورغم ذلك فأنا متفائل حول كمية الموارد المتبقية تحت سطح الكوكب. وإذا ارتفع سعر اليورانيوم عاليا فإن استغلال خاماته البديلة مثل خامات الفوسفات أو مياه البحار سيصبح مجديا!". ولمواجهة هذه الندرة يكون الاسترجاع المتعدد حلا مستقبليا في حالة مفاعلات النيترونات السريعة من الجيل الرابع التي لا تستهلك اليورانيوم إلا قليلا، والتي يمكن أن تكون جاهزة ابتداء من سنة ٢٠٤٠م. والمفارقة هي أن الحل السابق يمكن أن يتعثّر بسبب الندرة في الوقود النبيل.

وفي هذا السياق يلاحظ أدريان بيدو Adrian Bidaud التابع لمخبر فيزياء الذرات الخفيفة وعلم الكون بالمركز الوطني للبحث العلمي الفرنسي CNRS: 'الخطاب التقليدي يقول إنّ بعد نفاد اليورانيوم سنتحوّل إلى الجيل الرابع من المفاعلات. لكن هذه المفاعلات تحتاج لبدء اشتغالها إلى عنصر البلوتونيوم الذي تنتجه المفاعلات الحالية المشتغلة باليورانيوم... ولذلك، وخلافا للفكرة السائدة، إذا استثنينا بعض البلدان التي لها خبرة سابقة في الميدان النووي فالتحول إلى مفاعلات الجيل الرابع سيكون له دافعا قويا إن كنا بعيدين عن خطر الندرة في معدن اليورانيوم." وهكذا فبدل تحفيز ذلك التحول فإن النقص في معدن اليورانيوم يمكن أن يعطّل تنمية الصناعة النووية.

الذهب

عرق معدني شبه ناضب



الاستعمالات

الالكترونيات وصناعة الحلي

الموارد الأكيدة

٥١٠٠٠ طن

الانتاج السنوي

٢٥٠٠ طن

الاحتياطي

٢٠ سنة

إنـه علـى رأس قائمـة المعـادن المطلوبة –ﬞ سـنة ٢٠١١م خُصصـت له نسبة ٤٠٪ مـن اسـتثمارات التنقيـب ﬞ المناجـم– والإنسـان يعـاني أثناء محاولات وضـع يده عليـه. وبالرغم من تضـاعف تمويل البحث خـلال العقـد الأخـير بخمسـ مـرات فإن وتـيرة الاكتشـافات تداعـت. لقـد أعطـت المناجـم الكـبرى بإفريقيا الجنوبيـة أجود مـا لديها ويتواصـل الآن التنقيب فيها بدون تـردد إلى عمـق أربعة كيلومـترات من أجل اسـتخلاص المعـدن النبيـل الأصـفر. كان هـذا البلـد المنتـج الأول للذهـب ﬞ العالم طيلـة قرن مـن الزمـن قبـل أن يتخلى عن هذه المرتبة لفائدة الصـين ابتداء من سـنة ٢٠٠٧م وذلك بعدا انهيار إنتاجه بنسـبة... ٨٠٪ خلال ٤٠ سـنة! وتوجد كندا والولايات المتحـدة الأمريكية ﬞ نفس الوضـع الحرج. وهذا لم يمنع الذهب من بلوغ سـقف إنتاجه ﬞ سـنة ٢٠٠١م بنسـبة تاريخيـة تعـادل ٢٦٠٠طـن – لم يدركها بعد ذلك قط. مما أدى بمديـر أكبر منتج عالمـي للذهب، وهي Barrick Gold Corporation، إلى القـول عـام ٢٠٠٩م بـأن هنـاك "حججـا قويـة لنقول إننا بلغنـا 'ذروة إنتاج الذهب". وقد ظهر بريق أمل ابتداء من سـنة ٢٠٠٩م بعـد سـنوات التراجـع حيـث سـجل تزايد طفيـف ﬞ الكميـات المسـتخرجة. غـير أن المحلِّـل ﬞ ميـدان المناجـم توماس شـايز Thomas Chaize تنبأ بتراجع: "بعد سنة أو ثلاث سنـــوات سينخفض معدل الإنتاج ثانية لأنه لا يوجد ﬞ الأفـق بلد بإمكانه إنتـاج كمية ١٠٠٠طن مـن الذهـب التـي كانـت تنتجهـا إفريقيا الجنوبيـة خـلال سـنة ١٩٦٠م". وبذلـك ربما سـيكون أقدم معدن ﬞ العـالم هو أول المنسحبين.

الزنك

خسائر لا تسترجع



الاستعمالات

تغطية الفولاذ، سبائك

الموارد الأكيدة

٢٥٠ مليون طن

الانتاج السنوي

١٢ مليون طن

الاحتياطي

٢٠ سنة

إن تاريخ الزنك تاريخ لجملة من عمليات التبذير الواسـعة: حـوالي ١٢٠٠٠٠ طن من هذا المعدن تتحول سنويا إلى غبار وتختفي. وما سـبب ذلك؟ لهذا المعـدن الأزرق البني اسـتعمالات متعددة، منها الأصباغ ومعجون الأسـنان وصـناعة المكابـح. والمقلـق هو أن الزنـك يـؤدي دورا هامـا ﬞ مجتمعنـا: إنه يحفظ من الصـدأ جميع الهياكل المصنوعة مـن الفـولاذ ليشكل معه سـبيكة يصـعب استرجاعه منها بعد الاستعمال... والنتيجة هـي أنّ مـوارده الموجـودة تحـت الأرض تُستنزف بسرعة كبيرة.



T.GRAY/VISUALS UNLIMITED

الانديوم

أولويات يجب تحديدها بسرعة



الاستعمالات

الالكترونيات والطاقة

الموارد الأكيدة

٦٤٠ طن

الانتاج السنوي

١١٠٠ طن

الاحتياطي

١٧ سنة

مـاذا نفضـل؟ أجهزة الهواتـف الذكية أم الألواح الشمسـية؟ يشـكل هذا العنصـر مـع الأكسـجين والقصـدير مركّبا شـفافًا وموصـلا للكهربـاء، ولذلـك تصـنع منـه الشاشـات الملمسـية. وبعـد مـا نضيـف له معدني النحاس والسلنيوم تتكون منه سبيكة لها قدرة عالية لاستقبال الضوء وتمثل جيلا جديدا من الخلايا الفوتوفولطائية (الطاقة الشمسـية). كل مـا سـبق يـبرر تضـاعف اسـتهلاك الانديوم ١٢ مـرة خلال الثلاثين سـنة الأخيرة. هل من الممكن الحفاظ على هذه الوتيرة في الاسـتهلاك؟ حسب توقعات وزارة الطاقـة الأمريكية سيصـبح التموين صـعبا ابتـداء مـن سـنة ٢٠١٥م. وفي حالة تعميـم اسـتخدام ألـواح الطاقة الشمسـية فإنـه يتحـتم "تقليل الطلب علـى المعدن في التطبيقـات الأخرى التي لا تدخل في الطاقة المتجددة كي نتفادى الخصاصة".

التكنيسيوم ٩٩ والهيليوم ٣

في حالة ندرة دائمة



الاستعمالات

التصوير الطبي والبحث العلمي والدفاع

الموارد الأكيدة

معدومة

الانتاج السنوي

إنتاج اصطناعي

الاحتياطي

غير محدد

إنهما عنصـران نفتقدهما على الدوام! همـا نظـيران نـادران لأن مـدة حياتهمـا قصـيرة جدا وبذلك لا يوجدان في الطبيعة. بالرغم من أهميتهما فإن الصناعة النووية عاجزة عن توفـير الكميـات الكافية منهما بصفة مسـتمرة. يسـتعمل التكنيسيوم-٩٩ في الكشـف عن أمراض السرطان وأمراض القلـب والأوعيـة الدمويـة. هنـاك خمسـة مفاعـلات في العـالم قادرة علـى إنتاج هذا النظـير، أعمارهـا تتجـاوز ٤٥ سـنة، وهي تكـون غالبا في حالة توقف بسـبب إجراءات الصـيانة. يلاحـظ ألان ألبرمـان Alain Alberman (وكالة الطاقة الذرية CEA) مثـلا أن "خلال سـنة ٢٠١٠م توقّف الإنتاج عـدّة أسـابيع. والأسـوأ هو ما سـيحدث مع نهايـة سـنة ٢٠١٥م حيث ستشـتد الأزمة بسبب قرب نهاية عمر هذه المفاعلات" حتى إن كانـت هناك حلول أخرى قيد الدراسـة. لكـن الهيليـوم-٣ هو المهدد أكـثر من غيره لأن مخزونه نفد بسـبب تعـدد أروقة الأمن بالولايات المتحدة. وهنا يتحسـر الفيزيائي في جامعـة نـورث وسـترن الأمريكيـة، ويليـام هالبريـن William Halperin، علـى هذا الوضـع ذلك أنـه بالإضـافة إلى اسـتخدام الهيليـوم-٣ في أجهـزة الوقايـة من الإشـعاعات نجـد أن: "الهيليوم-٣ هو الوحيد الـذي له القدرة علـى الاقتراب من الصـفر المطلـق في تجارب فيزيـاء درجات الحرارة المنخفضة، ثم إنه يظهر خصائص كمومية فريدة".

بالإضافة إلى ما سبق نقدم المعادن التالية:

الفضة: موصل جيد، يستعمل في الالكترونيات. مناجمه نفدت.

الجرمانيوم: ضروري لصنع الألياف البصرية. إنه أحد بقايا خام معدن الزنك.

البريليوم: يستخدم في المفاعلات النووية. استخلاصه صعب لأنه سام.

السكانديوم: ضروري لتقوية معدن الألمنيوم. يوجد على هيئة مركّزة في اسكندنافيا فقط.

الهيدروجين-٣: تحتوي الأرض على ٣,٥ كلغ من هذا النظير. يتكوّن في الأجواء العالية ويصعب إنتاجه. يستعمل بالخصوص في الأسلحة النووية.

التنغستن: معدن صلب ومقاوم للحرارة. لا ينتج حاليا إلا في الصين.

الغاليوم: يجعل الألواح الشمسية أكثر كفاءة. هو نادر وصعب الاسترجاع.

التانتالوم: يضاف إلى مواد المقاومات الكهربائية. يتواجد في أماكن غير آمنة تنهشها الحروب.

النيوبيوم: يكسب الفولاذ المستعمل في القنوات الناقلة للوقود الصلابة بنسبة ٩٠٪. احتياطاته لا توجد إلا في البرازيل.

البشرية في مواجهة الخصاصة

على العالم أن يبحث عن موارد جديدة بعد الانتقال من عصر الوفرة إلى عصر الخصاصة. إنه تحدي الظرف الراهن.

"بدأ زمن العالم المحدود" تلك جملة كتبها الفرنسي بول فاليري Paul Valéry، وهي مقولة كتبت عام ١٩٣١م، وهي اليوم تنادينا بعنف قاتل. فالبشرية مضى عليها قرنان من التنمية الفائقة، قرنان من الوفرة الظاهرية والإسراف غير المعقول. وقد أدى ذلك إلى الوضع الحرج كما يبينه الجرد حول الأرض الذي أنجزناه أعلاه. ينبئ هذا الوضع بندرة لا مفر منها مستقبلا. لا أحد يدري بالضبط كيف ستتم الأمور حسب هوغو باردي Hugo Bardi، الباحث في الكيمياء بجامعة فلورنسا ويؤكد: "لا يوجد أي نموذج كمي قادر على تحديد تاريخ ظهور الندرة. ولكن ذلك لا يمنعنا من وضع خطط لمعارك نواجه بها هذا الوضع"! ستكون المواجهة حادة حسب الاقتصادي دونيس ميدوس Denis Meadows، صاحب التقرير الشهير لمكتب روما سنة ١٩٧٢م الذي جاء تحت عنوان "أوقفوا النمو". يقول ميدوس: "أثناء تاريخها واجهت البشرية عدة قيود، في البداية كانت وتيرة الاستنزاف ضعيفة تظهر آثارها في أماكن محدودة. والفكرة القائلة بأن الحضارة برمتها يمكن أن تتغيّر بعد بضعة عقود نتيجة الندرة المتزايدة في الموارد هي فكرة حديثة جدا".

وأمام هذه الحقيقة البديهية هناك مجموعة من الباحثين عكفوا على وضع بعض الحلول، حتى وإن ظهرت اليوم غريبة... أو لا أمل من ورائها. وهذا ليس مهما في واقع الأمر: إذ أنه يتوقف على مدى الحفاظ على نمط معيشتنا.

فالتحدي الأول سيكون بدون شك ... مواصلة التنقيب والحفر لأن الكثيرين يراهنون على المزيد من الحفر في أعماق الأرض وحتى في البحار (أنظر الإطار أعلى ص١٢٥) وذلك لاستخراج ما تبقى من الموارد. يشير باتريس كريستمان Patrice Christmann، رئيس مكتب الموارد المعدنية بمكتب أبحاث الجيولوجيا والمناجم: "ما تم استغلاله لحد الآن هي الطبقات الخارجية من القشرة الأرضية. يمكن حفر مناجم تقع في أعماق تصل إلى ٢ أو ٣ كلم، وربما أكثر". علينا أن نشير هنا إلى أنّ هذه المناطق غير معروفة جيدا وقدرتها المعدنية غير مضمونة...

زيت الحوت، كمثال

ما العمل عندما يصبح استخلاص بعض المعادن من المناجم العميقة جدا، أو ضعيفة التركيز، غير ممكن؟ الحل البديهي هو العمل على استرجاعها. عندئذ يصبح أي مبنى وأي سلك في أعماق البحار منجما للمستقبل. غير أن هذه العملية ليست يسيرة كما يشير روبرت آيرس Robert Ayres، وهو أحد كبار المختصين في الآليات الصناعية بالمعهد الأوروبي لإدارة المشاريع: "إن الطريقة الدقيقة التي تصنع بها القطع الالكترونية المصغرة تجعل عملية استرجاع المعادن النادرة التي تغطيها أمرا بالغ الصعوبة. وإن وجدت طرائق ممكنة فيجب تطويرها". فكّروا في جميع المعادن النادرة (الزنك، الكوبالت) الموجودة في أنواع الحبر ومواد التنظيف ومضادات الحشرات ومعاجين الأسنان... التي تبدو قد ضيعتها البشرية بعد الاستعمال. ومهما يكن من أمر فإن عملية استرجاع المعادن المبعثرة في الأشياء يمثل تحديا كبيرا، وبالتأكيد مهمة من مهامنا المستقبلية. قد يشمل هذا التحدي الاسترجاع من الغبار الدقيق (أنظر الإطار يسار ص١٢٥).

هناك طريق أخرى: البحث عن بديل أو كيف نعوّض مادة أولية مهددة بمادة لها نفس الخصائص. لقد أعطت هذه الإستراتيجية نتائجها: فعندما ظهرت ندرة في إنتاج زيت الحوت الذي كان يستعمل في الإنارة إبان أواسط القرن التاسع عشر تحول الإنسان إلى النفط الموجود تحت سطح الأرض. وكمثال آخر نجد ذرق الطائر (الغني بالفوسفات) بأمريكا الجنوبية الذي كان يستغل بقوة حتى افتقد فتم تعويضه بخام الفوسفات... لكن روبرت آيرس يشير إلى ما يلي:


L.MOSCIA/ARCHIVOLATINO/REA - I.PITALEV/AFP

البحث عن مواد جديدة

يمكن للتكنولوجيات النانوية تقليص الاحتياجات بصفة جذرية

إريك درسلر Eric Dresler
باحث في التكنولوجيا النانوية الجزيئية بجامعة أكسفورد

يرى إريك درسلر أن الإنتاج الصناعي سيكون اقتصاديا أكثر من ناحيتي المواد الأولية والطاقة إذا اعتمد على أجهزة نانوية في التصنيع. إننا نعرف الآن، حسب رأيه، كيف نصمم على الورق «مصانع نانوية» قادرة على صناعة أشياء معقدة تعقيد الحاسوب بدون ترك أثر، وبمردود طاقة أحسن من المردود الحالي من ١٠٠ إلى ١٠٠٠ مرة. ويقول: «لدينا المعارف الكافية. يجب الآن تجميع المركبات النانوية الموجودة لتوفير أدوات تكون متزايدة التعقيد».



"إن الاعتقاد بإمكانية الاستبدال الدائمة هو تصور ساذج. فالطبيعة غير مطاوعة على الدوام والأرض تمّ تنقيبها طولا وعرضا. لذا فإن إمكانية الاسترجاع التي كانت ناجعة في السابق هي عكس ذلك الآن..." أما بالنسبة للمواد الاصطناعية مثل المطاط الاصطناعي الذي تنتجه كيمياء النفط فإن إمكانياته أيضا محدودة. وفي هذا السياق يضيف باتريس كريستمان: "من المعلوم أنه يتعذر اصطناع عنصر كيميائي كما هو، فنحن لا نستطيع مثلا صناعة النحاس".

لذا فإن الحل الوحيد هو البحث عن البديل في جدول مندلييف (انظر صفحة ١١٢). والأمر ليس هينا عندما نبحث عن معدن ذي وفرة أكبر في الطبيعة وله خصائص مشابهة وكلفة طاقة إنتاجه مقبولة. كمثال على ما سبق نذكر معدن الفضة الذي يفوق النحاس في خاصية التوصيل، لكن ندرته تحول دون تعويضه للنحاس في صنع أسلاك الكهرباء. وبصفة عامة فإن الإفراط في الاستغلال حاليا لعناصر جدول مندلييف يجعل عدد العناصر البديلة القادرة على تلبية الطلب في تناقص.

ضرورة الابتكار

ورغم ذلك تظل هناك قيم مؤكدة. مثال: الحديد. يقدّر هوغو باردي أنّ: "على الإنسانية أن تعتمد على العناصر الموجودة بوفرة في القشرة الأرضية مستقبلا، وهي التي وصفها الخبير الهولندي في المعادن أندري ديدرين Andre Diederen بـ"عناصر الأمل الكيميائية": نسبة ٩٩,٢٣٪ من الأرض تتكوّن من ١٢ عنصرا (منها الحديد والألمنيوم والسلينيوم والمغنيسيوم). إن اختيار المجتمع لهذا الطريق ليس سهلا لأن النجاعة في الاستغلال يمكن أن تكون غير مضمونة بالرغم من وجود المعادن. فالألمنيوم يمكن أن يعوض النحاس وهو يقل عنه نجاعة بنسبة ٤٠٪ واستغلاله يتطلب كمية من الطاقة أكبر بثلاث مرات. وبعد ذلك: كيف نتقبّل الاستغناء عن فوائد جميع تلك المعادن الصغيرة الآتية من بعيد والمتمتعة بخصائص فريدة (ضوئية وحرارية وكهربائية) تجعلها مصدر جميع الأدوات النافعة والخفيفة التي نعرفها؟ قد تأتي بداية الإجابة عن السؤال من الأبحاث الحثيثة التي تتم في الولايات المتحدة واليابان بغرض الاستغناء عن الأتربة النادرة الصينية المستعملة في المغناطيسيات عالية الجودة. والملاحظ أن نتائج هذه البحوث مشجعة.

ذلك أن الحفر إلى أعماق كبيرة واسترجاع الغبار وكثافة الاستبدال... هي بدون شك الخطوات الأولى للإنسانية في عالم محدود. نشير إلى وجود استراتيجيات أخرى على المدى البعيد مثل: "تعميم المواد النانوية التي ستمكن من القيام على الأقل بنفس الوظيفة أو تحسن الأداء بأقل كمية من المادة" وهذا حسب رهان باتريس كريستمان. وإلى ذلك الحين فمرحبا بعهد الندرة والنقص والفاقة... آملين ألا يهدَد عامل الإبداع لدى الإنسان بالخصاصة.

لنُقبل على الحفر العميق

الاكتشافات الكبرى ستكون مستقبلا في أعماق البحار

بيار كوشونا Pierre Cochonat
نائب مدير البحث في المعهد الفرنسي للبحث في استغلال البحر (IFREMER)

الموارد الضخمة التي توجد في أعماق المحيطات مذهلة وتدوّخ الإنسان، فهي عبارة عن ركام من مواد الكبريت ودرنات متعددة المعادن وقشور من الكوبالت. سيتحقّق حلم قديم في سنة ٢٠١٤م مع بداية استغلال أول منجم تحت سطح الماء في سواحل دولة بابوا غينيا الجديدة. يتذكر بيار كوشونا ذلك: «منذ ٢٠ سنة سمعنا باستغلال المناجم الموجودة في قاع البحر. لكن ذلك لم يكن مبرَّرا، أما الآن فإن المعطيات انقلبت». ويرى الباحث أنه إذا كان الجرد الدقيق لموارد البحار مجهولا فإن الصعوبات الكبرى التي كانت تعترض المشروع زالت، ويضيف: «ذلك هو الحل على المدى المتوسط والبعيد لتلبية الطلبات».

الأمل يكمن في تعدّد الاستبدال

أدعو إلى عصر جديد للحديد

بريان سكينر Brian Skinner
أستاذ علم المعادن بجامعة يال

نظراً لاستخلاص جميع المعادن بسرعة كبيرة سيقضي عمال المناجم على ما تبقى من تلك المعادن النادرة. يجب العودة إلى المعادن الأساسية الوفيرة، مثل الحديد الذي يحتل المرتبة الرابعة في قائمة المعادن الأكثر توفراً في قشرة الأرض! هذا ما صرح به بريان سكينر منذ ١٩٧٦م. إنّ إنتاج الحديد في العالم (٢ مليار طن في السنة) يعادل الآن نسبة وفرته. يلاحظ الباحث: « تستخدم بلدان آسيا التي هي في طور النمو كميات معتبرة من سبائك الحديد. هذه الكميات التي لم يسبق لها مثيل تؤشر على بزوغ عصر جديد للحديد». هل هذا يعني العودة إلى ٣٠٠٠ سنة خلت؟ لا، أبدًا. لقد برهنت أبحاث جديدة على الإمكانات الهائلة لهذا المعدن سواء في ميدان التوصيل الفائق أو صناعة قطع المغناطيس العالية الكفاءة.



اللجوء إلى الاسترجاع الشامل

أريد استرجاع غبار البلاتين المتواجد فوق الطرقات

هازل بريشارد Hazel Prichard
مختصة في جيولوجيا التنقيب بجامعة كارديف

البلاتين المستعمل في عوادم السيارات كحافز يضعف مع الزمن وينفلت منها. ترى الجيولوجية هازل بريشارد في ذلك موردا كبيرا للبلاتين: «لقد اكتشفنا وجوده على جميع الطرقات التي حلّلناها. والمناطق الغنيّة هي الطرقات الأكثر استعمالا وكذا الأحواض التي تتجمّع فيها مياه الأمطار فتُجحفه. والغريب أنّ التراكيز في بعض التجمعات تبلغ قيما قريبة من تراكيز العنصر في مناجم إفريقيا الجنوبية وفي سيبيريا!». والملاحظ أن المقدار العالمي في المدن وصل نسبة ٢ جزء من المليون مقابل النسبة المتوسطة من ٣ إلى ٦ في المنجم. توجد عدة طرائق للاسترجاع هي في طور التقويم (منها الترسيب، و طرائق المغناطيسية والطرائق الباكتريولوجية). ذلك (حسب الباحثة) أن: «هذا المشروع يمكن أن يكون ناجعا في المستقبل القريب نظرا لسعر البلاتين» الذي يبلغ ١٢٠٠ يورو لكل ٣٠ غراما! وعلى كل حال ليس لنا الخيار كما تؤكد بريشارد: « البلاتين نادر جدا ولا يُستغنى عنه في السيارات».

(1) ALERTE À LA PÉNURIE !, S&V, #1136, May, 2012, pp52-71
(2) BORIS BELLANGER & VINCENT NOUYRIGAT

(٣) أستاذ بقسم الكيمياء/ المدرسة العليا للأساتذة/ القبة/ الجزائر



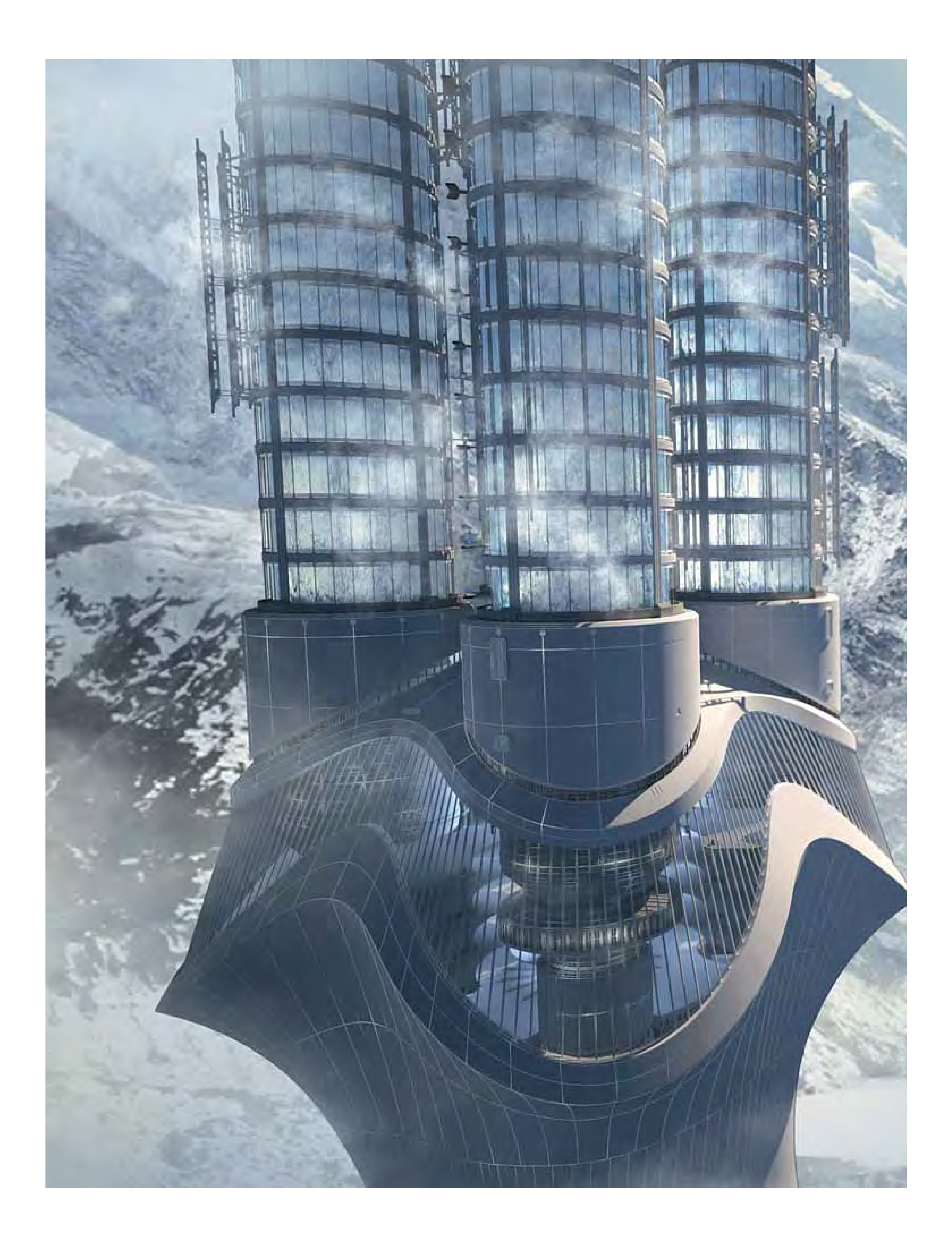
هاتف : ٤٨٨٣٤٤٤ – ٤٨٨٣٥٥٥
فاكس : ٤٨٨٣١٧٩
ص.ب. ٦٠٨٦ الرياض ١١٤٤٢

المملكة العربية السعودية
رقم الوثيقة : 05P0031-BKT-0001-AR01
الموقع الإلكتروني : http://publications.kacst.edu.sa


العلوم والتقنية للفتيان



أبراج ماء فوق سقف العالم





مطابع مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية رقم الوثيقة : 05P0031-BKT-0001-AR01